

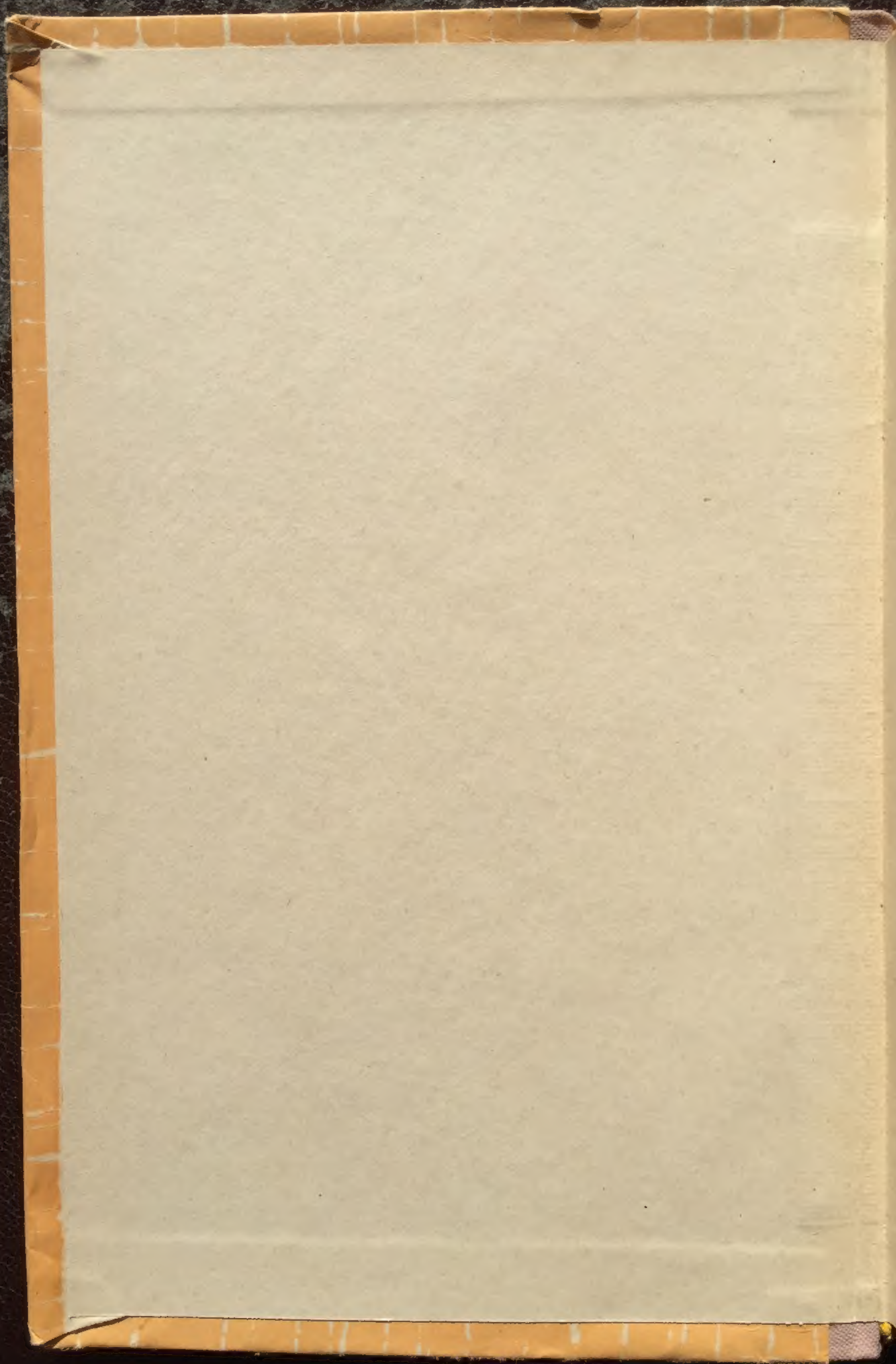
**С.И. ГАЛЬПЕРИН**



**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ  
ОСОБЕННОСТИ  
ДЕТЕЙ**









Дорожному Вечному  
Борисову  
Табскому

с готрнея подсланилем  
от абура

20/IV 1965

С. Шинтенис



Проф. С. И. ГАЛЬПЕРИН

# ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕТЕЙ

ПОСОБИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ  
ФАКУЛЬТЕТОВ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИНСТИТУТОВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОСВЕЩЕНИЕ»  
МОСКВА 1965



ФИЗ  
ОС  
ДЕ

ПОСОБ  
ФАКУЛ  
ПЕДАГО



## ОТ АВТОРА

Возрастная физиология является важной составной частью программы по физиологии человека факультетов естествознания педагогических институтов. Она также широко представлена в программах по физиологии человека факультетов физического воспитания и по анатомии, физиологии и гигиене дошкольного и школьного отделений педагогических факультетов. Однако в учебной литературе до настоящего времени нет еще систематизированного изложения физиологических особенностей детей, несмотря на большую потребность в этом.

Большой материал, полученный И. А. Аршавским, В. М. Бехтеревым, М. И. Виноградовым, А. Б. Гандельсманом, Н. В. Зимкиным, А. Г. Ивановым-Смоленским, А. Н. Кабановым, А. В. Коробковым, Н. И. Красногорским, А. А. Маркосяном, М. Р. Могендовичем, Л. А. Орбели, К. М. Смирновым, А. Ф. Тур, Я. А. Эголинским и другими, не был обобщен.

В этой небольшой по объему книге излагаются основные закономерности и факты о строении и функциях организма детей школьного возраста. Физиологическим особенностям детей дошкольного возраста уделено меньше места. Ссылки на вопросы физиологии взрослых людей приведены в пределах, совершенно необходимых для сравнения и цельности изложения.

Особое внимание уделено физиологическим основам сознания, единству высшей нервной деятельности и психики, роли сознания в трудовом воспитании детей, в их всестороннем умственном и физическом развитии. Автор стремился к тому, чтобы физиологические особенности детей, подростков, юношей и девушек были проанализированы в процессе их обучения производительному труду, физического воспитания и спорта и учебных занятий.

Замечания, направленные на улучшение этого издания, будут приняты с благодарностью.

Ленинградский  
Гос. педагогический  
институт им. А. И. Герцена

Д-р. мед. наук, профессор  
С. И. Гальперин

Рецензент зав. кафедрой физиологии Института физической культуры  
им. П. Ф. Лесгафта профессор Н. В. Зимкин.



## СОДЕРЖАНИЕ

От автора . . . . .	2
I. Введение . . . . .	3
1. Значение знаний анатомических и физических особенностей детей для их воспитания . . . . .	—
Задачи воспитания (3). Роль анатомических и физиологи- ческих знаний в воспитании детей (4)	
2. Взаимная связь физического и психического развития детей . . . . .	5
Факторы, влияющие на физическое развитие детей. Взаимо- связь физического и психического развития детей (5). Роль речи в физическом и психическом развитии детей (6).	
3. Взаимосвязь формы и функции . . . . .	7
4. Единство социального и биологического . . . . .	8
II. Периодизация детских возрастов . . . . .	9
III. Антропометрические показатели и их возрастное развитие . . . . .	10
Влияние условий жизни на уровень физического развития детей (10). Рост детей (11). Вес (12).	
IV. Развитие скелета . . . . .	14
Процесс окостенения (14). Развитие черепа (14). Раз- витие позвоночника (15). Развитие грудной клетки (17). Развитие рук (19). Развитие костей таза (20). Развитие ног (20). Возрастные различия в строении и составе костей (21). Гигиена скелета (22).	
V. Нервная система . . . . .	23
1. Возрастные особенности строения нервной системы . . . . .	—
Изменения веса головного мозга (23). Изменения хи- мического состава и кровоснабжения головного моз- га (23). Развитие спинного мозга (24). Возрастные изме- нения строения больших полушарий (24). Развитие строе- ния двигательной области больших полушарий (26). Развитие строения области кожного анализатора боль- ших полушарий (28). Развитие строения области зритель- ного анализатора больших полушарий (28). Развитие лимбической доли больших полушарий (29). Развитие мозгового ствола (29). Миэлинизация проводящих путей головного и спинного мозга (30). Миэлинизация нер- вов (30). Развитие вегетативной нервной системы (31). Факторы, определяющие изменения строения нервной системы (31).	



2. Анэнцефалия и микроцефалия у детей . . . . .	31
3. Единство восприятий, двигательных и вегетативных функций . . . . .	32
Поддержание гомеостаза (32). Развитие у детей двигательных и вегетативных функций (33).	
4. Высшая и низшая нервная деятельность . . . . .	34
5. Высшая нервная деятельность и психика . . . . .	35
Сознание — высшая форма психики (35). Особенности высшей нервной деятельности людей (36). Высшая нервная деятельность и психика людей (37).	
6. Условные двигательные рефлексы и двигательные навыки . . . . .	41
7. Развитие двигательных рефлексов у детей . . . . .	42
Рефлекторные движения плода (42). Рефлекторные движения новорожденного (43). Развитие условных двигательных рефлексов перемещения в пространстве (44).	
8. Образование у ребенка первых положительных и отрицательных двигательных условных рефлексов . . . . .	46
Положительные и отрицательные условные рефлексы (46). Внутритрубочное формирование анализаторов (46). Образование у ребенка пищевых условных двигательных рефлексов (47). Развитие и укрепление условных рефлексов у новорожденных (49). Развитие и укрепление условных рефлексов у дошкольников (50).	
9. Образование у детей двигательных навыков . . . . .	50
Роль сознания в образовании у детей двигательных навыков (50). Автоматизация двигательных навыков (51).	
10. Ориентировочно-исследовательские рефлексы . . . . .	53
11. Особенности движения и взаимодействия возбуждения и торможения . . . . .	54
Иррадиация и концентрация возбуждения (54). Иррадиация и концентрация торможения (55). Взаимодействие возбуждения и торможения (56).	
12. Основные черты развития высшей нервной деятельности дошкольников и школьников . . . . .	58
Скорость образования условных рефлексов (58). Величина и устойчивость условных рефлексов (59). Условные рефлексы на время (59). Следовые условные рефлексы (60). Условнорефлекторная регуляция скорости и величины условных рефлексов (62). Условные рефлексы высших порядков (64). Суммарные и комплексные условные рефлексы (64). Динамический стереотип (66). Торможение условных рефлексов у детей (67). Угасание положительных условных рефлексов (68). Условный тормоз (69). Запаздывание (71). Дифференцировочное торможение (71).	
13. Сон, сновидения и гипнотический сон . . . . .	72
Активный физиологический сон (72). Активный сон у детей (73). Пассивный сон (74). Сновидения (74). Гипнотический сон (74).	
14. Функция речи и вторая сигнальная система . . . . .	76
Функция речи (76). Речевые анализаторы (77). Вторая сигнальная система — анатомо-физиологическая основа речи (79).	



2. Физиологическая характеристика естественных трудовых движений . . . . .	151
3. Взаимосвязь моторики и вегетативных функций . . . . .	153
Взаимодействие моторики и вегетативных функций (153). Развитие координации моторики и вегетативных функций (153). Влияние физической работы на координацию моторики и вегетативных функций и на физическое развитие детей (154).	
IX. Кровь и кровообращение у детей . . . . .	156
1. Возрастные особенности крови . . . . .	—
Количество крови, ее свойства и состав (156). Кроветворение (159).	
2. Изменения состава крови при мышечной и умственной работе . . . . .	160
Изменения состава крови при мышечной работе (160). Изменения состава крови при умственной работе (162).	
3. Функциональные особенности сердечно-сосудистой системы детей и подростков . . . . .	163
Возрастные изменения строения сердца и иннервационного аппарата сердечно-сосудистой системы (163). Изменения сердечной деятельности у детей (164). Сосудистые рефлексy (167). Кровяное давление (167). Скорость кругооборота крови (168). Гигиена сердечно-сосудистой системы детей (168).	
4. Изменения функций сердечно-сосудистой системы при мышечной и умственной работе . . . . .	169
Перераспределение крови при мышечной работе (169). Изменения деятельности сердечно-сосудистой системы при мышечной работе (169). Изменения деятельности сердечно-сосудистой системы при умственной работе (172).	
X. Дыхание у детей . . . . .	173
1. Возрастные особенности дыхания у детей . . . . .	—
Органы дыхания (173). Дыхание у детей (173). Дыхательный объем и минутный объем дыхания (174). Легочная вентиляция (174). Жизненная емкость легких (175). Газообмен (175). Тип дыхания (176). Гигиена дыхания (176).	
2. Дыхание при мышечной и умственной работе . . . . .	177
Регуляция дыхания при мышечной работе (177). Легочная вентиляция (177). Потребление кислорода при мышечной работе (177). «Мертвая точка» и «второе дыхание» (179). Изменения дыхания у тренированных и у нетренированных (180). Изменения дыхания в связи с изменениями кровообращения (180). Влияние дыхания на мышечную работу (181). Изменения дыхания при умственной работе (181).	
XI. Пищеварение у детей . . . . .	182
1. Возрастные особенности пищеварения у детей . . . . .	—
Изменения органов пищеварения (182). Особенности пищеварения в ротовой полости (183). Особенности пищеварения в желудке и кишечнике (185). Особенности двигательной работы пищеварительного канала (186).	
2. Изменения пищеварения при мышечной работе . . . . .	186
XII. Обмен веществ и энергии и питание детей . . . . .	189



1. Возрастные особенности обмена веществ . . . . .	188
Обмен веществ у детей (188). Азотистый обмен у детей (188). Потребность в белках у детей (189). Жировой обмен у детей (189). Углеводный обмен у детей (190). Минеральный обмен у детей (190). Водный обмен у детей (192). Потребность детей в витаминах (192).	
2. Основной и общий обмен веществ и энергии у детей . . . .	195
Основной обмен (195). Общий обмен (196). Терморегуляция у детей (198).	
3. Нормы и режим питания детей различных возрастов . .	199
4. Регуляция обмена веществ и теплообразования и ее возрастные особенности . . . . .	200
Трофическая функция нервной системы (200). Регуляция обмена веществ (202).	
XIII. Возрастные особенности функций кожи . . . . .	204
Функции кожи (204). Особенности потоотделения у детей (205). Функции сальных желез у детей (206). Защитные свойства кожи (206). Самостерилизация кожи (207). Роль кожи в терморегуляции у детей (207).	
XIV. Возрастные особенности выделительных процессов . . . . .	209
Развитие почек (209). Количество и состав мочи у детей (209). Мочеиспускание у детей (210). Изменения мочеотделения при мышечной работе (210).	
XV. Возрастные изменения функций желез внутренней секреции	212
Влияние желез внутренней секреции на формирование организма (212). Эпифиз (212). Вилочковая железа (212). Половые железы (213). Надпочечники (214). Щитовидная железа (215). Околощитовидные железы (216). Гипофиз (217). Роль взаимной связи деятельности нервной системы и желез внутренней секреции в развитии и осуществлении всех функций организма (218).	
XVI. Закаливание солнцем, воздухом и водой . . . . .	219
Естественные факторы закаливания и их физиологическое обоснование (219). Правила пользования естественными факторами закаливания (220).	
XVII. Физиологическое обоснование рациональной организации труда и отдыха школьников . . . . .	221
Нервные механизмы рационального осуществления двигательных навыков (221). Возрастные особенности образования двигательных навыков (229). Основные правила рациональной организации труда детей (222). Основные правила рациональной организации физических упражнений детей (223).	
XVIII. Основные анатомо-физиологические особенности детей дошкольного и школьного возрастов (по возрастным периодам)	
Дошкольный возраст . . . . .	226
Рост и развитие скелета (226). Рост и развитие нервной системы и органов чувств (227). Развитие двигательного аппарата (227). Изменения крови и системы кровообращения (228). Развитие дыхательной системы (229). Развитие пищеварительной системы (229).	



15. Единство первой и второй сигнальных систем у детей	81
16. Появление условных рефлексов на слова и первые речевые реакции ребенка . . . . .	83
Формирование функции речи (83). Образование второй сигнальной системы (85). Динамическая передача условных рефлексов в сигнальных системах (86).	
17. Типы высшей нервной деятельности . . . . .	89
Общие типы нервной системы (89). Частные типы нервной системы (91).	
18. Воспитание типов нервной системы . . . . .	92
19. Значение воспитания и обучения для развития высшей нервной деятельности . . . . .	—
20. Утомление и переутомление . . . . .	93
Утомление (93). Развитие умственного утомления у детей и его предупреждение (95). Развитие физического утомления у детей и его предупреждение (96). Активный отдых (98). Влияние на утомление вегетативной нервной системы и эмоций (99). Развитие переутомления и его предупреждение (100).	
21. Физиологические основы тренировки . . . . .	101
22. Биотоки головного мозга у детей . . . . .	102
VI. Анализаторы (органы чувств) . . . . .	107
1. Развитие анализаторов . . . . .	—
2. Зрительный анализатор . . . . .	—
Зрение у новорожденных (107). Аккомодация у дошкольников и школьников (109). Близорукость и ее предупреждение (109). Возрастные изменения функции зрачков (110). Развитие зрительных ощущений у детей (111). Способы улучшения зрения у детей (114).	
3. Слуховой анализатор . . . . .	115
4. Вестибулярный анализатор . . . . .	116
5. Кожный анализатор . . . . .	119
6. Двигательный, проприоцептивный анализатор . . . . .	120
Роль проприоцептивного анализатора в двигательной деятельности организма (120). Развитие двигательного анализатора у детей (121).	
7. Обонятельный и вкусовой анализаторы . . . . .	126
8. Взаимодействие и взаимный контроль анализаторов . . . . .	127
VII. Голос и речь . . . . .	129
Голосовой аппарат человека (129). Дыхательный аппарат (129). Гортань и ее возрастные особенности (129). Участие мышц в голосообразовании (фонации) (130). Иннервация гортани (131). Функция гортани (134). Воздушные резонаторные полости (136).	
VIII. Физиология двигательного аппарата детей . . . . .	140
1. Развитие моторики у детей . . . . .	—
Взаимная связь развития нервной системы и координации движений (140). Развитие скелетных мышц у детей (141). Возрастные изменения тонуса мышц (143). Возрастные изменения силы мышц (144). Возрастные изменения возбудимости и лабильности двигательного аппарата (145). Возрастные изменения характеристик двигательной деятельности (148).	



Особенности обмена веществ (230). Кожа (230). Мочеотделение (230). Внутренняя секреция (230).

Младший школьный возраст . . . . . 230

Рост и развитие скелета (230). Рост и развитие нервной системы и органов чувств (231). Развитие двигательного аппарата (231). Изменения крови и системы кровообращения (232). Развитие дыхательной системы (233). Развитие пищеварительной системы (233). Особенности обмена веществ (233). Кожа (233). Мочеотделение (234).

Средний школьный возраст . . . . . 235

Рост и развитие скелета (234). Рост и развитие нервной системы (234). Развитие двигательного аппарата (234). Изменения крови и системы кровообращения (235). Дыхательная система (235). Пищеварительная система (235). Обмен веществ и энергии (235). Мочеотделение (236). Внутренняя секреция (236).

Старший школьный возраст . . . . . 236

Скелет (236). Нервная система (236). Двигательный аппарат (236). Кровь. Система кровообращения (236). Дыхательная система (237). Внутренняя секреция (237).



## 1. ВВЕДЕНИЕ

### 1. ЗНАЧЕНИЕ ЗНАНИЯ АНАТОМИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕТЕЙ ДЛЯ ИХ ВОСПИТАНИЯ

**Задача воспитания.** Воспитание — активное, целенаправленное и систематическое воздействие взрослых на психическое и физическое развитие детей.

Целью воспитания является формирование диалектико-материалистического мировоззрения, коммунистической нравственности, выработка характера и воли, привычек и вкусов, всестороннее физическое развитие, укрепление здоровья и подготовка к труду и обороне нашей Родины.

Одной из основных целей обучения и воспитания является формирование у детей коммунистического отношения к труду. Производительный труд на благо общества является священной обязанностью каждого человека.

Воспитание нового человека, строителя коммунистического общества, гармонически сочетающего в себе духовное богатство, моральную чистоту и физическое совершенство, требует активного участия детей в общественно полезном труде.

В. И. Ленин считал, что нельзя себе представить идеала будущего общества без соединения обучения с производительным трудом молодого поколения.

К. Маркс писал, что после свержения капитализма «для всех детей свыше известного возраста производительный труд будет соединяться с обучением и гимнастикой не только как одно из средств для увеличения общественного производства, но и как единственное средство для производства всесторонне развитых людей (К. Маркс, Капитал, т. I, 1955, стр. 489).

Известный педагог К. Д. Ушинский считал, что необходимым условием умственного, нравственного и физического воспитания является труд. П. Ф. Лесгафт отмечал огромное значение физического воспитания для развития у детей восприятия и мышления. Кроме того, он полагал, что необходимы единство и взаимосвязь умственного, нравственного и физического воспитания.



Воспитание обеспечивает индивидуальное развитие ребенка и подростка, расцвет всех его способностей.

Роль анатомических и физиологических знаний в воспитании детей. Общепризнано, что ребенок и подросток не являются уменьшенной копией взрослого человека, поэтому недопустимо чисто количественное уменьшение физиологических свойств взрослого человека соответственно возрасту, росту или весу организма ребенка или подростка для понимания специфических физиологических свойств их организма.

Ребенок и подросток отличаются от взрослого человека особенностями строения и функций организма и органов, которые существенно изменяются в различные периоды их жизни. Знания возрастных особенностей морфологии и физиологии детей необходимо в наибольшей степени использовать в деле воспитания подрастающего поколения.

Наши известные педагоги неоднократно высказывались в своих педагогических работах о роли анатомических и физиологических знаний в воспитании детей.

К. Д. Ушинский подчеркивал, что педагоги должны иметь естественнонаучную подготовку. Он считал, что только в том случае, когда педагоги, воспитатели знакомы с основами анатомии, физиологии и психологии ребенка как предмета воспитания, они могут вести воспитание целеустремленно, совершенствуя физические и умственные способности детей. Он полагал, что всякое привычное действие является рефлексорным, и если мы начинаем образование привычки, то, значит, в этом акте принимает большее или меньшее участие нервная система со своей способностью образовывать и усваивать новые рефлексy.

А. С. Макаренко в лекции «Проблемы школьного советского воспитания» в 1938 г. также отмечал значение использования знаний физиологии и психологии в воспитательной работе.

В формировании педагогического мастерства молодого учителя, существенное значение имеют знания о возрастных особенностях восприятия и мышления ребенка, основных закономерностях развития его личности (А. И. Щербаков).

Эстетическое и умственное воспитание — воспитание чувств, отвлеченного мышления, активизации сознания, ученика, его познавательной и волевой деятельности — успешно осуществляется на основе знания анатомо-физиологических и психологических особенностей, свойственных каждому возрасту.

Охрана здоровья детей, рациональная организация их трудового обучения и совершенствование физического развития возможны только при точном знании строения и функций их организма, характерных для данного возраста.

Вместе с тем решение основных задач физического воспитания — укрепление здоровья и закаливание организма, правильное физическое развитие и совершенствование физических



способностей, формирование двигательных умений и навыков, ознакомление с основами личной и общественной гигиены, формирование главных волевых и нравственных качеств — невозможно без знания возрастных особенностей психического развития. Это вытекает из взаимосвязи психического и физического развития, из того, что физическое воспитание проводится посредством воздействия на психическую сферу и в свою очередь отражается на развитии психики.

## 2. ВЗАИМНАЯ СВЯЗЬ ФИЗИЧЕСКОГО И ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ

**Факторы, влияющие на физическое развитие детей.** В качестве показателей физического развития пользуются измерениями роста, веса, окружности грудной клетки, определением жизненной емкости легких, силы мышц и др.

Кроме наследственных и внутриутробных факторов, на физическое развитие решающее влияние оказывают материальные условия жизни общества (трудовая деятельность, воспитание, жилище, питание, гигиенические и бытовые условия, перенесенные заболевания и др.).

Идеалисты считают, что физическое развитие предопределено неизменными наследственно заложенными свойствами, которые только раскрываются под влиянием воспитания. Они полагают, что условия жизни общества и человека, труд и воспитание не имеют решающей роли в физическом развитии.

Например, утверждается, что атлетами рождаются и поэтому рекорсменов нужно разыскивать готовыми, а не воспитывать (Ласкер, 1958). Напротив, диалектики-материалисты полагают, что решающее влияние на физическое развитие оказывают социальные условия жизни человека, его трудовая деятельность и воспитание, которые изменяют наследственные свойства.

**Взаимосвязь физического и психического развития детей.** Развитие морфологических и физиологических особенностей организма детей взаимосвязано с их психическим развитием, т. е. с совершенствованием воспринимающей и познавательной деятельности их головного мозга.

Например, у детей, у которых имеется врожденное недоразвитие больших полушарий головного мозга, отмечается слабое умие, а детей, лишенных больших полушарий головного мозга, невозможно обучить речи, ходьбе и другим координированным движениям. Недоразвитие и недостаточная функция щитовидной железы приводит к умственной отсталости. Благоприятное влияние физиологических изменений на умственную работоспособность проявляется после кратковременных дозированных физических упражнений на общеобразовательных уроках (физкультпаузы).



Роль речи в физическом и психическом развитии детей. Особенное значение для физического и психического развития детей имеет формирование анатомических и физиологических основ речевой функции.

В развитии чувств, мыслей и воли школьника и в его физическом воспитании ведущее место принадлежит речи. Чем старше становится школьник, тем значительнее становится роль речи как в формировании его личности и сознательной деятельности, так и в управлении его физическим развитием.

Не касаясь пока физиологических основ речевой функции, укажем, что, как известно, посредством речи происходит обучение и воспитание детей.

Речь является орудием выражения мыслей, так как слово — это единство звукового (устная речь) или письменного образа (письменная речь) и мысли, понятия. В речи проверяется мысль, как присущая человеку высшая форма отражения объективной действительности в понятиях, в отвлечениях и обобщениях, в законах. Речь формируется в процессе мышления, общения людей друг с другом.

Мышление младшего школьника, например первоклассника, является конкретным, наглядно-образным и практически действенным.

На основе восприятий у младших школьников особенно развивается память. Память в свою очередь оказывает большое влияние на последующие восприятия. При обучении детей новые знания нужно прививать, опираясь на прошлый опыт ребенка.

Постепенно с развитием словесного мышления происходит переход к индуктивно-дедуктивным мыслительным процессам, к обобщениям. Это отвлеченное, абстрактное мышление постепенно становится ведущим и у школьников старших классов доминирует над конкретным мышлением. При словесном мышлении преобладает словесная, смысловая память.

Овладение письменной речью происходит при помощи устной речи. По мере того как ребенок овладевает письменной речью, последняя изменяет устную речь. Устная речь становится грамматически правильной.

В связи с развитием отвлеченного мышления совершается переход от непроизвольного внимания к произвольному вниманию, которое обусловлено сознательной целью, выраженной словами.

Внимание — это деятельность психического контроля. Все акты внимания — и произвольного, и непроизвольного — являются результатом формирования новых умственных действий или физических умений. Внимание нужно воспитывать.

Речь школьника формируется в процессе мышления. В свою очередь мышление развивается в процессе общения с окружающими людьми посредством речи.



Таким образом, речь играет решающую роль в психическом развитии детей.

Изучение психического развития детей является задачей психологии, а не физиологии. Отождествление психики человека с его высшей нервной деятельностью является биологизацией человека, т. е. приравниванием его к животным. После павловской сессии «получило широкое распространение практически вредное и методологически порочное негативное отношение к психологической науке, предмет которой некоторые ученые пытались растворить в физиологии высшей нервной деятельности»<sup>1</sup>.

И. П. Павлов неоднократно указывал на большое значение физиологии для теории и практики воспитания. Он считал, что все законы воспитания и развития должны быть основаны на физиологии.

Однако И. П. Павлов специально подчеркивал, что между физиологией людей и животных имеются коренные различия и поэтому нельзя переносить на человека физиологические факты, полученные на животных, в частности на собаках, не считаясь с этими коренными различиями.

Он писал: «Если сведения, полученные на высших животных относительно функций сердца, желудка и других органов, так сходных с человеческими, можно применять к человеку только с осторожностью, постоянно проверяя фактичность сходства в деятельности этих органов у человека и животных, то какую же величайшую сдержанность надо проявить при переносе только что впервые получаемых точных естественнонаучных сведений о высшей нервной деятельности животных на высшую деятельность человека. Ведь именно эта деятельность так поразительно резко выделяет человека из ряда животных, так неизмеримо высоко ставит человека над всем животным миром»<sup>2</sup>.

### 3. ВЗАИМОСВЯЗЬ ФОРМЫ И ФУНКЦИИ

Деятельность организма и его органов зависит от изменений обмена веществ с внешним миром и от изменений обмена веществ, происходящих в работающих органах.

Между функцией органа и его формой (строением) имеется неразрывная связь. Возникающее при осуществлении функции изменение обмена веществ в данном органе в процессе исторического и индивидуального развития определяет его рост и развитие. Следовательно, ведущая роль в единстве формы и функции принадлежит функции.

<sup>1</sup> «Философские вопросы физиологии высшей нервной деятельности и психологии», изд. АН СССР, М., 1963, стр. 757.

<sup>2</sup> И. П. Павлов, Полное собрание трудов, т. IV, 1947, стр. 326.



Так как строение и функции организма соответствуют условиям его жизни, то, изменяя условия жизни, можно оказывать направленное воздействие на умственное и физическое развитие организма. Изменяя обмен веществ посредством трудового обучения и воспитания, рациональной организации питания, упражнения определенных функций организма, можно изменять физическое развитие и психическую деятельность головного мозга и обеспечить приобретение новых свойств и способностей, так как ведущее значение имеет функция. Именно поэтому производительный труд и физические упражнения имеют исключительное значение для физического развития. Изменения функций при труде и физических упражнениях приводят к изменениям строения организма, его структуры (скелета, скелетных мышц, внутренних органов).

Естественно, что различные виды труда и физических упражнений, разные виды спорта неодинаково воздействуют на физическое развитие, на приобретение новых физических способностей, новых двигательных навыков.

Огромное значение для физического развития имеет тренировка — многократно совершаемые трудовые и физические упражнения с постепенным их усложнением или мышечная работа с постепенно увеличивающейся нагрузкой, приводящая к совершенствованию организма и повышению его работоспособности.

Так как тренировка в первую очередь совершенствует функции органов чувств и нервной системы, то она имеет значение не только для физического, но и для эстетического и умственного развития.

#### 4. ЕДИНСТВО СОЦИАЛЬНОГО И БИОЛОГИЧЕСКОГО

Животные только приспосабливаются к природе, изменяют природу только в силу своего присутствия, а перестраивать природу, как это делает человек, они не могут.

В отличие от животных люди перестраивают природу в процессе общественного труда. Они сознательно и планомерно изменяют ее в своих интересах.

Человека создал труд — первое основное условие его существования.

Прежде всего в процессе труда происходило изменение функций и строения органов чувств и нервной системы, особенно головного мозга и рук человека, как органов, посредством которых осуществлялась его трудовая деятельность.

Таким образом, общественно-исторические закономерности определяют деятельность и строение человеческого организма, его сознание и поведение. В свою очередь физическая организация людей обуславливает труд человека и его сознание.



## II. ПЕРИОДИЗАЦИЯ ДЕТСКИХ ВОЗРАСТОВ

Изучение умственного и физического развития детей имеет очень большое значение, так как около половины населения Советского Союза приходится на детский, подростковый и юношеский возрасты.

Умственное и физическое развитие детей происходит неравномерно, скачками, поэтому предложено несколько схем деления детского возраста по анатомическим и физиологическим особенностям. Эти схемы являются условными, так как невозможно резко разграничить этапы развития детей и между ними существуют переходы. Морфологические и физиологические изменения происходят и в пределах одного и того же возрастного периода.

Большинство авторов придерживаются такой периодизации:

1. Период утробного детства.
2. Период новорожденности — 2—3 недели.
3. Грудной, младенческий период — до 1 года.
4. Первое детство, ясельный (преддошкольный возраст) — с 1 до 3—4 лет.
5. Второе детство (дошкольный возраст) — с 3—4 до 7 лет.
6. Младший школьный возраст — с 7 до 12 лет.
7. Средний школьный, или подростковый, возраст — с 12 до 15 лет.
8. Старший школьный, или юношеский, возраст — с 15 до 18 лет.

Преддошкольный и дошкольный периоды объединяются в период молочных зубов (с 1 до 6—7 лет).

Существует и такая периодизация:

1. Детство (от рождения до 7 лет):
  - а) грудной возраст — до 9 месяцев;
  - б) детский возраст — до 7 лет.
2. Отрочество — с 7 до 14 лет.
3. Юношество — с 14 до 20 лет.

Чем моложе ребенок, тем больше влияют на его физическое развитие благоприятные и неблагоприятные условия жизни, тем опаснее для него последние. Имеются значительные индивидуальные различия.

Нами будет рассмотрено физическое развитие детей школьного возраста по основным антропометрическим показателям — росту и весу.



### III. АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ИХ ВОЗРАСТНОЕ РАЗВИТИЕ

Влияние условий жизни на уровень физического развития детей. Основными антропометрическими показателями являются рост и вес. Кроме того, физическое развитие детей и подростков характеризуют окружность грудной клетки, ширина плеч и др.

Уровень физического развития подрастающего поколения после Великой Октябрьской революции значительно повысился. Установлено, что за каждые 10 лет средний рост увеличивается почти на 1,5 см, а вес — на 1 кг. По сравнению с 1880—1890 гг. средний рост детей увеличился больше чем на 12—15 см.

Улучшение условий жизни подрастающего поколения, здравоохранения, массовое распространение физкультуры и спорта после Великой Октябрьской революции привело к уменьшению детской смертности более чем в 7 раз по сравнению с дореволюционным периодом.

Уровень физического развития детей с 1925 г. неуклонно повышался. Он несколько снизился во время Великой Отечественной войны. После войны физическое развитие детей снова начало улучшаться и с 1955 г. превысило довоенный уровень.

Принцип единства физического и умственного развития выдвинул П. Ф. Лесгафт. Исходя из единства формы и функции и ведущей роли функции, он создал функциональную анатомию.

Он писал о том, что при изучении анатомии главным объектом должен всегда быть живой организм, из наблюдений над которым должно исходить всякое изучение, мертвый же препарат должен служить только проверкой и дополнением к изучаемому живому организму. Он утверждал, что на развитие органов человека и всего его организма можно воздействовать «направленным упражнением». Система направленных упражнений является, по его мнению, средством не только физического, но и умственного и эстетического воспитания.

Поэтому при рассмотрении физического развития школьников мы ознакомимся с основными его показателями, возрастны-



Рис. 1. Изме

ми изменениями стро

ма в целом.

Рост детей. Рост — физическое развитие и длину, т. е. рост, завис увеличивается масса равномерен, но непрерыв замедления роста все мер головы, рук, ног проявляется в измене черев.

Например, размеры цаются, а абсолютная вается (рис. 1).

Усиленный рост от год жизни, и в начале медляется. На 6—7 го раста, рост ускоряется называемый первый в 8—10 лет (период ок 3—5 см (период ок ступления полового оскоряется до 5—8 см ния). До 10 лет маль увеличивается у них на с 11—12 лет девочек с 13—14 усиливается с 13—14



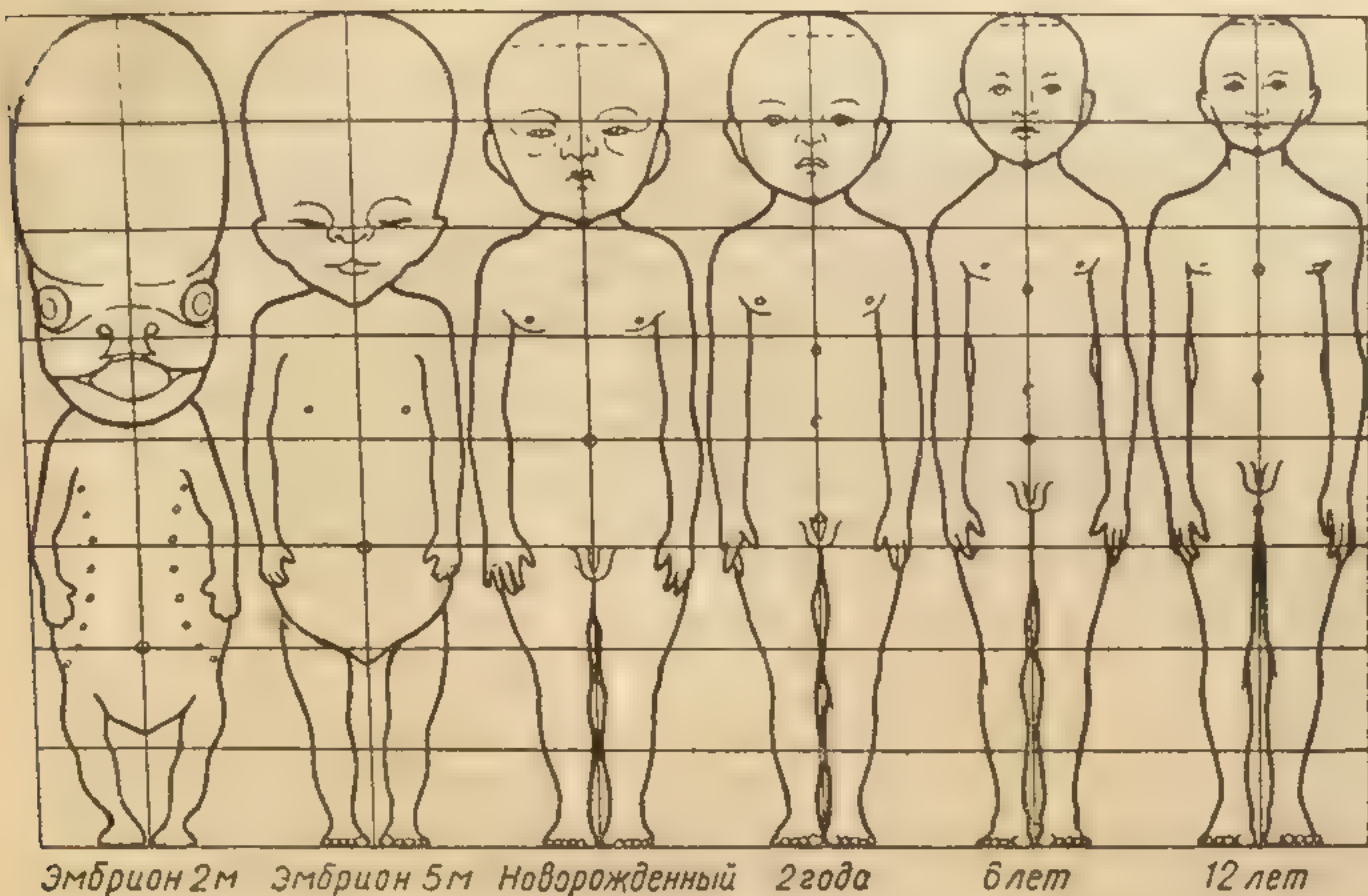


Рис. 1. Изменение пропорций тела с возрастом.

ми изменениями строения и функций систем органов и организма в целом.

**Рост детей.** Рост — это один из важнейших показателей физического развития и здоровья. Увеличение размеров тела в длину, т. е. рост, зависит от развития скелета. В процессе роста увеличивается масса всего тела и отдельных органов. Он неравномерен, но непрерывен. Наблюдаются периоды усиления и замедления роста всего тела и отдельных частей тела, например головы, рук, ног. Неравномерность в росте частей тела проявляется в изменении пропорции, т. е. относительных размеров.

Например, размеры головы с возрастом относительно уменьшаются, а абсолютная и относительная длина рук и ног увеличивается (рис. 1).

Усиленный рост отмечается в грудном периоде, в первый год жизни, и в начале первого детства. Затем он несколько замедляется. На 6—7 году, к началу младшего школьного возраста, рост ускоряется и достигает до 7—10 см в год. Это так называемый первый период вытягивания. После чего в 8—10 лет рост замедляется, и годовой прирост достигает до 3—5 см (период округления), что продолжается до наступления полового созревания (11—15 лет), когда рост снова ускоряется до 5—8 см в год (второй период вытягивания). До 10 лет мальчики и девочки растут почти одинаково. С 11—12 лет девочки опережают мальчиков в росте, который увеличивается у них на 5—10 см в год. У мальчиков темп роста усиливается с 13—14 лет. С 14—15 лет у мальчиков и девочек



рост снова почти одинаков, а с 15 лет мальчики опережают в росте девочек, и это превышение роста у мужчин сохраняется в течение всей жизни. Затем темп роста замедляется и в основном завершается у девушек к 18 годам, а у юношей — к 20 годам. Замедленный рост продолжается у людей до 22—25 лет.

На рост оказывают влияние труд, физическое воспитание, питание, бытовые и гигиенические условия, климат (умеренный климат благоприятен для роста), время года, наследственность, деятельность желез внутренней секреции (передней

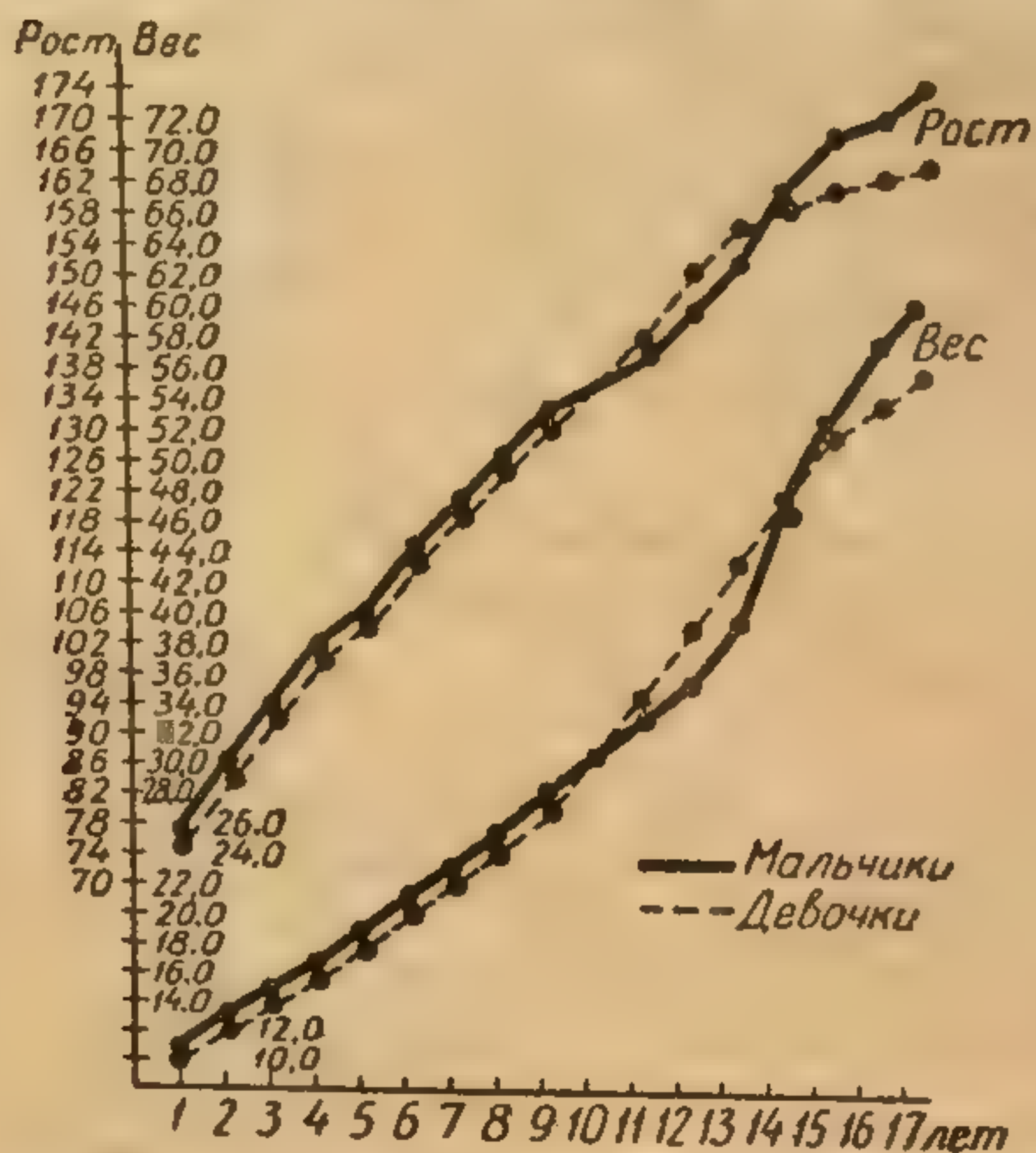


Рис. 2. Изменение роста и веса у детей от 1 года до 17 лет.

клетки. Рост и ширина плеч и таза медленнее изменяются в зависимости от условий жизни и являются более устойчивыми показателями физического развития, особенно ширина таза, которая мало изменяется при неблагоприятных условиях.

Ширина плеч у мальчиков начинает превышать ширину таза с 6—7 лет.

Ширина плеч ежегодно увеличивается у детей особенно между 4—7 годами, у мальчиков этот ежегодный прирост больше, чем у девочек.

Вес. Строго пропорциональной зависимости между ростом и весом не существует, но, как правило, в одинаковом возрасте больший вес имеют более высокие дети (рис. 2). Темп увеличения веса наибольший на 1-м году жизни. К концу 1-го года вес увеличивается в 3 раза. Затем прибавление веса в год составляет в среднем 2 кг.

части аденогипофиза, половых желез, щитовидной железы, вилочковой железы и др.). Наиболее интенсивный рост наблюдается весной и летом (с марта по август).

За время роста длина тела взрослого человека по сравнению с длиной тела новорожденного увеличивается (в см) примерно в 3,5 раза, высота головы — в 2 раза, длина туловища — в 3 раза, длина руки — в 4 раза и длина ноги — в 5 раз.

Влияние условий жизни на физическое развитие детей проявляется быстрее в изменениях веса и окружности грудной

До 10 л  
ков, имеетс  
вочки начи  
ванием жен  
14—15 года  
мерно до  
чего мальч  
ют в весе д  
превышение  
в течение в  
шей жизни.  
головой при  
личивается  
до 7—8 кг  
ются существ  
чия и в у  
са отдельных  
(рис. 4).

Рис. 4. Кривые  
са некоторых  
ростом (по



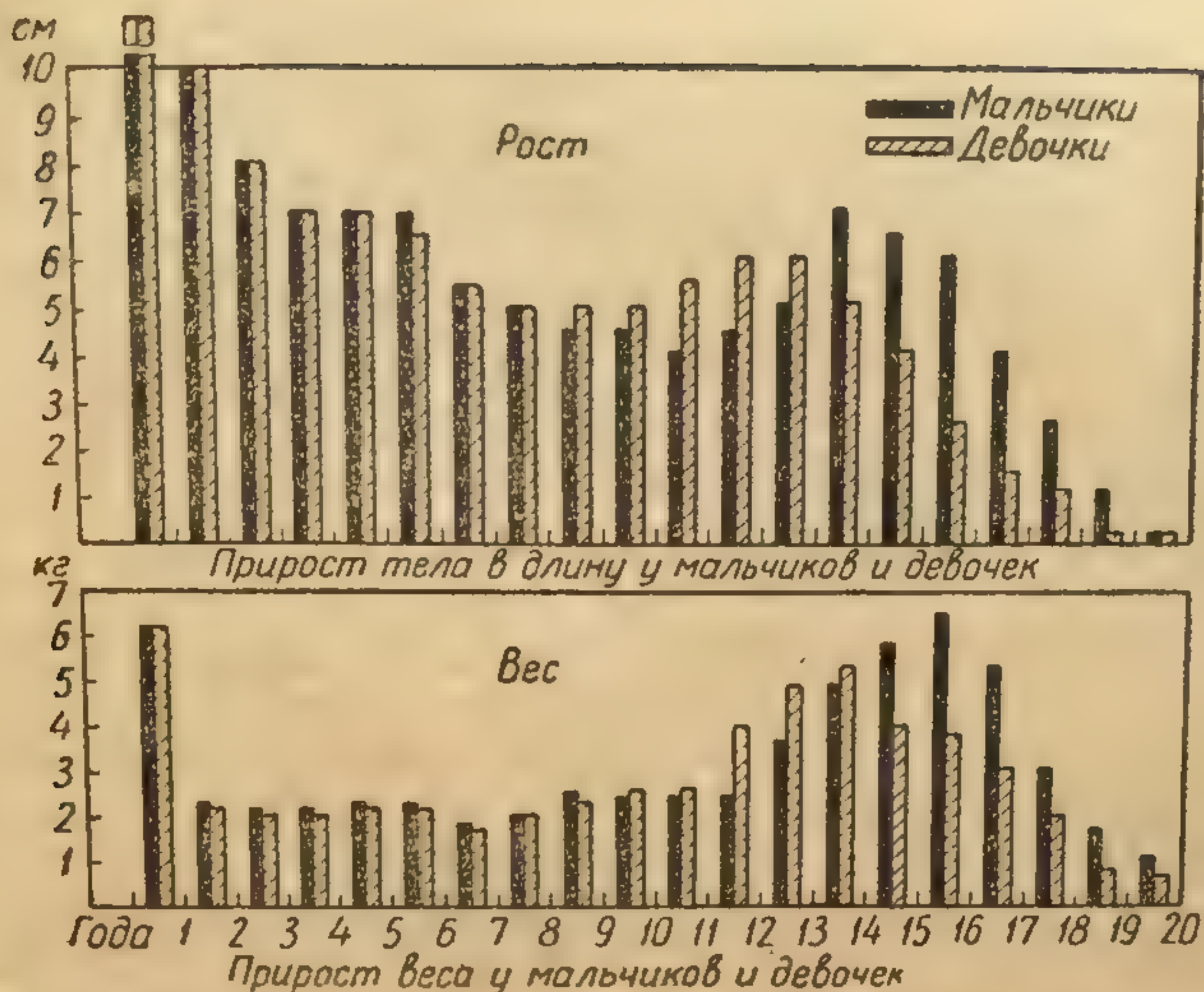
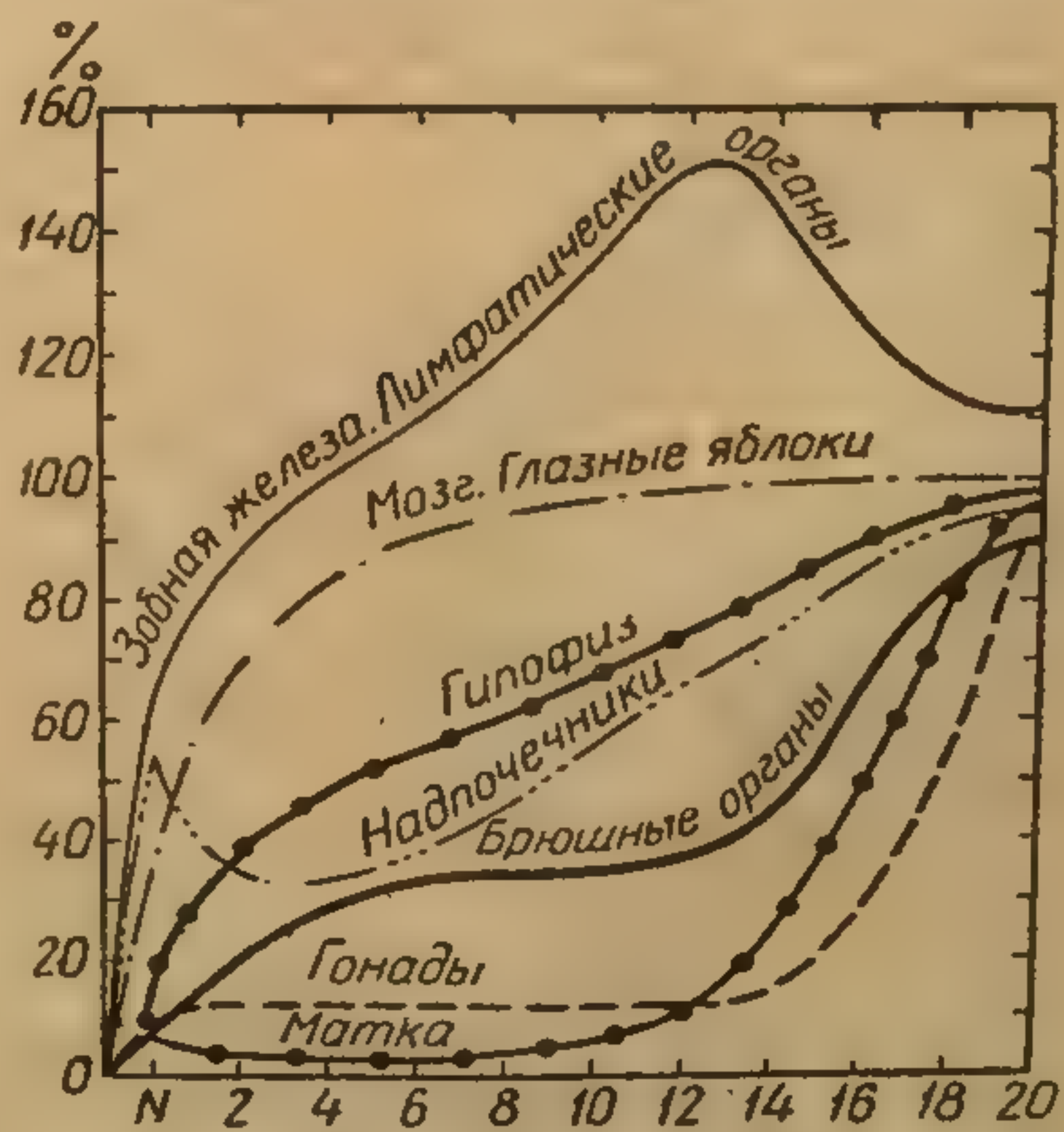


Рис. 3. Прирост тела в длину у мальчиков и девочек (вверху). Прирост веса у мальчиков и девочек (внизу).

До 10 лет вес мальчиков и девочек приблизительно одинаков, имеется небольшое отставание у девочек. С 11—12 лет девочки начинают обгонять в весе мальчиков в связи с формированием женского организма и прибавляют в год 4—5 кг, а к 14—15 годам — 5—8 кг. Это превышение веса сохраняется примерно до 15 лет; после чего мальчики опережают в весе девочек, и это превышение сохраняется в течение всей дальнейшей жизни. У мальчиков годовой прирост веса увеличивается с 13—14 лет до 7—8 кг (рис. 3). Имеются существенные отличия и в увеличении веса отдельных органов (рис. 4).

Рис. 4. Кривые увеличения веса некоторых органов с возрастом (по Скаммонну).





#### IV. РАЗВИТИЕ СКЕЛЕТА

**Процесс окостенения.** Скелет в утробном периоде состоит из хрящевой ткани. Процесс окостенения — появления точек окостенения — начинается на 7 месяце утробной жизни. У новорожденного являются окостеневшими все диафизы — тела трубчатых костей.

Процесс окостенения продолжается после рождения. Сроки появления точек окостенения и сроки окончания окостенения различны для разных костей. Для каждой кости эти сроки относительно постоянны, и поэтому по этим срокам можно судить о нормальном развитии скелета у детей и об их возрасте. Скелет ребенка отличается от скелета взрослого человека размерами, пропорциями, строением и химическим составом.

Скелет опережает в своем развитии у детей части тела и в значительной мере определяет их развитие, например мускулатура развивается медленнее, чем растет скелет.

**Развитие черепа.** Череп детей отличается от черепа взрослых относительной величиной, строением и пропорциями отдельных частей. Лицевая часть черепа относительно меньше черепной коробки. С возрастом эти различия исчезают.

В черепе различают два отдела: 1) невральный, в котором находится головной мозг и высшие органы чувств, и 2) висцеральный, входящий в состав начальной части пищеварительного аппарата. На развитии первого отражается развитие головного мозга, а второго — функции жевания и речи.

С возрастом изменяется не только форма черепа и составляющих его костей, но и число этих костей. Например, до 18—20 лет затылочная кость соединяется хрящом с телом клиновидной кости, а позднее происходит сращение обеих костей.

Развитие черепа разделяется на периоды, значительно отличающиеся друг от друга.

В первом периоде, который продолжается от рождения до 7 лет, череп растет равномерно, выпячивается затылочная кость, которая вместе с теменными костями растет особенно энергично, полностью зарастают роднички (к 1,5 годам) и



образуются черепные швы (к 4 годам). В конце этого периода основание черепа и затылочное отверстие достигают постоянной величины и происходит резкое замедление в развитии черепа. В росте черепа наблюдаются три волны ускорения: до 4, с 6 до 8 и с 11 до 13 лет.

Во втором периоде, который начинается с 13—14 лет, особенно интенсивно растет лобная кость, преобладает развитие лицевого скелета во всех направлениях и складываются характерные черты физиономии.

Третий период — от наступления половой зрелости до 20—30 лет. После 30 лет зарастают швы черепной крыши.

При увеличении мышечной силы, действующей на участок нижней челюсти, сначала ускоряется его рост в направлении, перпендикулярном к этой силе, а потом уже вдоль нее. В росте этой кости наблюдаются две волны ускорения: первая — до 3 лет и вторая — с 8 до 11 лет. У школьников голова увеличивается во всех размерах очень медленно. Средняя окружность головы во всех возрастах у мальчиков больше, чем у девочек. Наибольший прирост головы наблюдается с 11 до 17 лет, т. е. в периоде полового созревания: у девочек к 13—14 годам, а у мальчиков к 13—15 годам. С возрастом отношение окружности головы к росту постепенно уменьшается.

В 9—10 лет окружность головы равна в среднем 52 см, в 17—18 лет — 55 см.

Неблагоприятные условия жизни, как, например, ухудшение питания и гигиенических условий, замедляют рост головы.

Порядок прорезывания постоянных зубов следующий:

1. Первый большой коренной зуб	— 7 лет
2. Первый резец	— 8 »
3. Второй резец	— 9 »
4. Первый малый коренной	— 10 »
5. Клык	— 11 — 13 »
6. Второй малый коренной	— 11 — 15 »
7. Второй большой коренной	— 13 — 16 »
8. Третий большой коренной	— 18 — 30 »

Смена зубов происходит с 7 до 15 лет. В этот период у детей функционируют уцелевшие временные зубы и прорезавшиеся постоянные.

**Развитие позвоночника.** В формировании позвоночника имеются следующие особенности.

Хрящевая часть позвоночника с возрастом уменьшается.

Шейные, грудные и поясничные позвонки окостеневают к 20, крестцовые — к 25, а копчиковые — к 30 годам.

Длина позвоночника особенно резко увеличивается в грудном периоде. Затем его рост замедляется, и новое ускорение



роста происходит с 7 до 9 лет, у девочек больше, чем у мальчиков. С 9 до 14 лет годовой прирост длины позвоночника у мальчиков и девочек замедляется в несколько раз, а с 14 до 20 лет он еще больше замедляется. У мальчиков его рост за-

канчивается после 20 лет, а у девушек он растет до 18 лет. Рост позвоночника у женщин прекращается раньше, чем у мужчин. Средняя длина позвоночника у мужчин 73 см, у женщин — 69 см. К концу полового созревания рост длины позвоночника почти заканчивается.

Для позвоночника взрослого человека при выпрямленном положении тела характерны 4 физиологических изгиба. Изгиб, обращенный выпуклостью вперед, называется лордоз, а выпуклостью назад — кифоз. Первый изгиб — шейный, умеренный лордоз образован всеми шейными и верхними грудными позвонками. Максимум выпуклости приходится на 5 и 6 шейные позвонки. Второй изгиб — сильный грудной кифоз. Максимум выпуклости приходится на 6—7 грудные позвонки. Третий изгиб — сильный поясничный лордоз образован последними грудными и всеми поясничными позвонками. Четвертый изгиб — сильный крестцово-копчиковый кифоз. У детей эти изгибы появляются по-

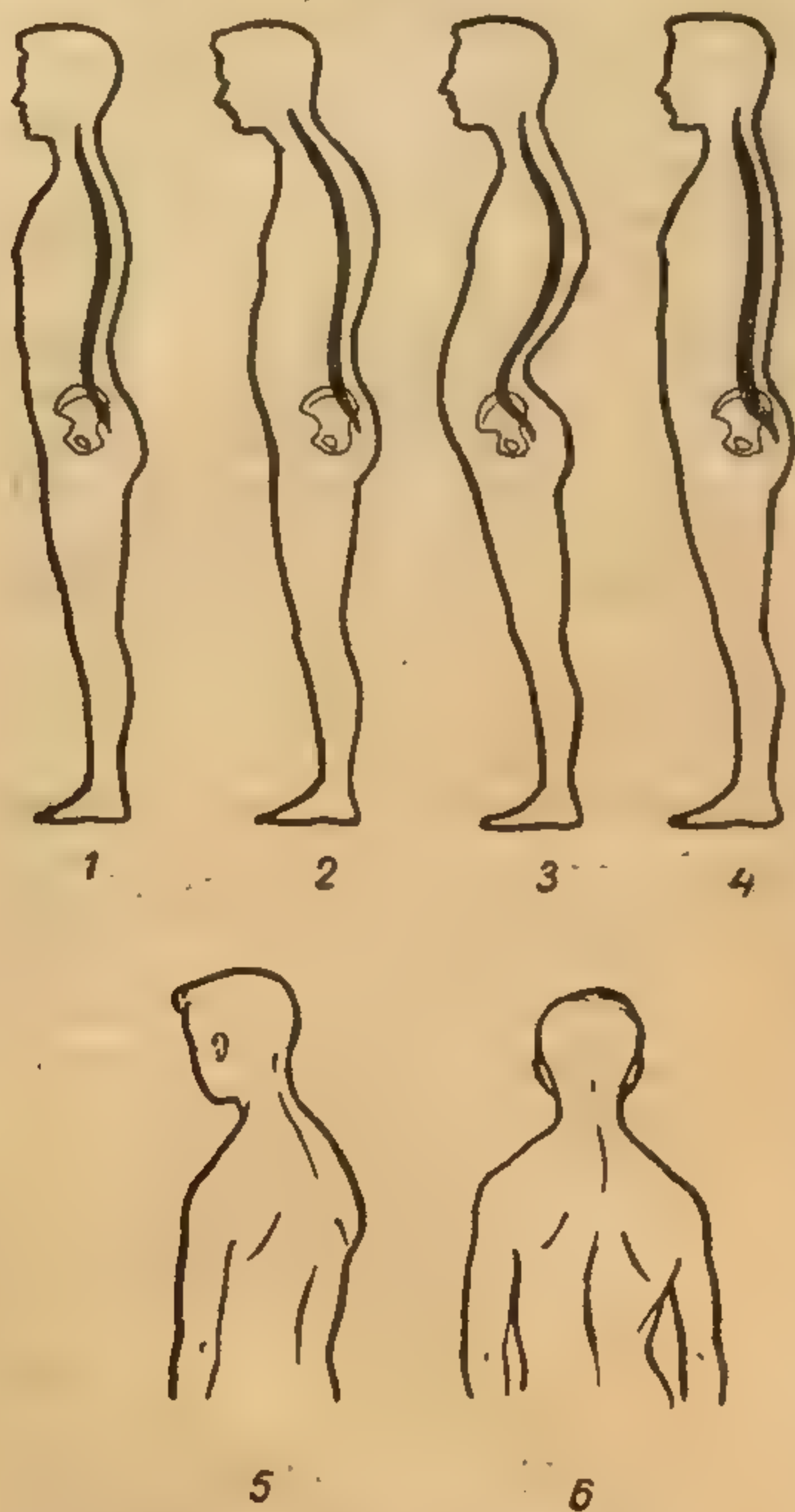


Рис. 5. Формы позвоночника:

1—правильная осанка; 2—круглая спина (кифоз); 3—седлообразная спина (лордоз); 4—плоская спина; 5—круглая спина, отстающие лопатки, опущенные плечи, плоская грудь; 6—боковое искривление позвоночника (сколиоз).

степенно: после стояния и ходьбы, под действием силы тяжести и работы мышц приблизительно к 3—4 годам.

Окончательное образование шейного лордоза и грудного кифоза происходит к 7 годам. Поясничный лордоз окончательно образуется к периоду половой зрелости. Поднятие чрезмерных тяжестей увеличивает его (рис. 5).



У школьников грудной кифоз ненормально увеличивается при длительном согнутом положении позвоночника при слабости спинных мышц. Школьные кифозы возникают в результате несоответствия роста тела увеличению крепости костей позвоночника.

Причиной ненормально увеличенных изгибов позвоночника нередко является рахит — недостаточное отложение известковых солей в растущих костях.

Подвижность позвоночника обусловлена толщиной межпозвоночных хрящей и их упругостью.

Позвоночник сгибается и разгибается. Наиболее обширным является сгибание. Наибольшее сгибание происходит в шейном отделе, несколько меньше в поясничном, наименее подвижен грудной отдел. Боковые движения наибольшие между грудным и поясничным отделами. Круговое движение наиболее обширно в шейном отделе и почти невозможно в поясничном.

Следовательно, наиболее подвижен шейный отдел, меньше поясничный и наименее подвижен грудной.

Существует еще пружинное движение позвоночника, при котором изменяют свою величину его изгибы, например при прыжках.

В развитии эпифизов, т. е. концов тел позвонков, различают 4 этапа: 1) от 0 до 8 лет — хрящевой эпифиз, 2) от 9 до 13 лет — его обызвествление, 3) от 14 до 17 лет — костный эпифиз и 4) слияние эпифиза с телом позвонка.

У детей позвоночник гораздо более подвижен, чем у взрослых, особенно с 7 до 9 лет, что зависит от относительно большей величины межпозвоночных хрящей и их большей упругости. Развитие межпозвоночных хрящей происходит долго и заканчивается к 17—20 годам.

Образование выпуклости позвоночника в сторону (сколиоз) довольно часто возникает у школьников вследствие длительного неподвижного сидения за партой или столом и неправильной, кривой посадки, чаще всего при писании. Образованию сколиоза способствуют слабость мышц и рахит. Поэтому большое значение имеют правильно устроенная парта и правильная посадка школьников.

**Развитие грудной клетки.** У человека различают два основных типа грудной клетки: приматоидный — длинная, узкая и орангоидный — короткая, широкая. Этим типам соответствуют и формы грудины.

Особенности строения грудной клетки человека, имеющей больший поперечный размер (вторичная клетка) по сравнению с животными, у которых больше вертикальный размер (первичная клетка), обусловлены вертикальным положением туловища человека и превращением у него верхних конечностей



стей из органов опоры в органы хватания. Переход к вертикальному положению туловища у человека привел к тому, что тяжесть внутренних органов начинала действовать в направлении спины и поэтому вызвала исчезновение в брюшном и поясничном отделах ребер, которые у животных поддерживают брюшные внутренности. Но зато у человека достигли мощного развития в поперечном направлении подвздошные кости, что не наблюдается ни у одного из остальных позвоночных.

Новая роль мускулатуры рук, как органов труда, привела не только к изменению мускулатуры грудной клетки, но и ее выпуклости и формы ребер. А это в свою очередь вызвало изменение строения некоторых внутренних органов, например, срастание окологердечной сумки с диафрагмой, постепенное слияние долей печени и легких.

С возрастом форма грудной клетки значительно изменяется. В первые годы жизни она в большинстве случаев имеет форму конуса с основанием, обращенным вниз. Вследствие работы дыхательной мускулатуры с возрастом у мальчиков к 7—8 годам, а у девочек немного раньше, она приобретает форму конуса с основанием, обращенным кверху, т. е. ее верхняя часть расширяется, поперечный диаметр увеличивается.

К 12—13 годам грудная клетка приобретает такую же форму, как у взрослых, но имеет меньшие размеры. Половые различия в форме грудной клетки проявляются примерно с 15 лет. У женщин грудная клетка короче, но шире, чем у мужчин. Движения грудной клетки также изменяются с возрастом. Несмотря на значительные индивидуальные колебания, в большинстве случаев происходит переход от брюшного типа дыхания (за счет сокращения диафрагмы) к смешанному с преобладанием грудного (за счет сокращения дыхательной мускулатуры грудной клетки).

У мальчиков во время вдоха резко поднимаются нижние ребра, а у девочек — верхние. Переход к грудному типу происходит у девочек между 10 и 14 годами. У девочек брюшной тип дыхания с 1—8 лет переходит в комбинированный, а с 17—18 лет — в грудной.

Рост окружности грудной клетки у мальчиков несколько замедляется с 8 до 10 лет и особенно усиливается к периоду полового созревания. У школьников с 7 до 9 лет ежегодный прирост равен 1—2 см, с 9 до 11 лет — 2—3 см, а с 11 лет — 2—5 см. Окружность грудной клетки существенно увеличивается при нормальном питании, хороших гигиенических условиях и физических упражнениях. При этом разница для детей 12—15 лет достигает 7—8 см, величина окружности груди сравнивается с половиной величины роста в среднем к 15 годам, а не к 20—21 году, как это наблюдается в неблагоприятных условиях жизни.



Половые различия в росте окружности грудной клетки состоят в том, что у девочек величина окружности грудной клетки превосходит половину величины роста до 7—8 лет, а у мальчиков — до 9—10. Примерно с указанного возраста половина величины роста становится больше размера окружности грудной клетки. У мальчиков с 11 лет ее прирост меньше, чем у девочек.

Это изменение соотношений окружности грудной клетки и величины половины роста зависит от того, что скорость роста тела больше скорости роста окружности грудной клетки. Отношение окружности грудной клетки к весу тела также постепенно и равномерно уменьшается с возрастом, так как прибавление веса опережает рост окружности грудной клетки.

Особенно энергично растет окружность грудной клетки в летние и осенние месяцы.

В соответствии с ростом грудной полости растут и легкие. Особенно резко увеличивается рост легких с 13 до 16 лет, т. е. в периоде полового созревания.

Окостенение ребер заканчивается примерно к 20 годам, нижних отрезков грудины — к 15—16, а верхних ее отрезков — к 21—25.

При неправильной посадке на парте и опоре на нее грудью может возникнуть деформация грудной клетки, что нарушает развитие сердца, крупных сосудов и легких, расположенных в ней.

Реберно-ключичный сустав появляется в 11—12 лет и достигает наибольшего развития у взрослых, особенно у занимающихся физическим трудом и у физкультурников, ввиду преимущественного упражнения движений плечевого пояса и рук (фехтование, метания, бокс).

**Развитие рук.** Рука как орган труда, точнее кисть с ее пятью пальцами, из которых большой палец противопоставляется остальным, является отличием человека от высших животных. Центры окостенения кисти определяют «костный возраст». Сроки окончания окостенения различны в разных костях верхних и нижних конечностей. Окостенение заканчивается в ключице, лопатке и в плечевой кости в 20—25 лет, лучевой кости — 21—25, локтевой — 21—24, костях запястья — 10—13, пястья — 12, фалангах пальцев — 9—11.

Полное окончание сроков развития костей рук происходит у женщин примерно на 2 года раньше, чем у мужчин. Последние центры окостенения появляются: в ключице и лопатке в 18—20 лет, плечевой кости — 12—14, лучевой — 5—7, локтевой — 7—8, пястных и фалангах пальцев — 2—3, а окостенение сесамовидных костей обычно начинается у мальчиков в 13—14 лет, а у девочек — в 12—13 лет, т. е. в периоде полового созревания.

Особенности окостенения костей рук имеют значение для обучения детей трудовым движениям и физическим упражне-



ниям, а также письму. Дети не должны выполнять трудных движений и физических упражнений, нарушающих нормальный процесс окостенения.

Существуют возрастные стандарты размеров коротких трубчатых костей кисти.

**Развитие костей таза.** Окостенение костей таза и сращение отдельных его частей заканчивается к 20—25 годам.

Поперечный размер входа в малый таз у девочек увеличивается наиболее интенсивно с 8 до 10 лет, с 10 до 12 лет наблюдается некоторое замедление роста, а с 12 до 14—15 лет интенсивность роста поперечного размера снова увеличивается. Перед-

не-задний размер увеличивается постепенно, с 9 лет он меньше поперечного.

У мальчиков оба размера увеличиваются более постепенно.

Три части безымянной кости таза начинают срастаться у детей с 5—6 лет, их сращение заканчивается к 20—21 годам. Это имеет особенное значение для физических упражнений девочек, у которых при резких прыжках с большой высоты несросшиеся части кости таза могут незаметно смещаться, что может привести к неправильному их сращению.

Чрезмерно продолжительное и неправильное сидение или стояние и нарушения питания могут задержать рост или вызвать ненормальное сращение костей тазовой полости.

Деформация таза и стопы происходит у девочек-подростков (также при ношении обуви на высоких каблуках. Такое изменение формы таза может привести к сужению выходного отверстия тазовой полости, что затрудняет роды. Узкая обувь приводит к образованию плоской стопы, что прекращает функцию свода стопы как пружины, которая смягчает удары о почву при ходьбе и беге (рис. 6).

**Развитие ног.** Окончательное окостенение костей ног происходит в следующие сроки: в тазовой кости в 20—25 лет, бедренной, большеберцовой и малоберцовой — 20—24, плюсневых — 17—21 у мужчин и 14—19 у женщин; в фалангах — 15—21 у мужчин и 13—17 у женщин.

У мальчиков с 7 лет ноги растут интенсивнее, чем у девочек. По отношению к длине туловища ноги достигают наибольшей длины у мальчиков к 15 годам, а у девочек — к 13 годам.

Показателем начинающегося полового созревания является начало слияния частей первой пястной кости. Половая зрелость проявляется в скелете в окончании окостенения трубчатых костей (у женщин в 17—21 год, а у мужчин в 19—23 года).



Рис. 6. Отпечатки стоп:  
1 — нормальная стопа; 2 — плоская стопа.



Так как с окончанием окостенения трубчатых костей заканчивается их рост в длину, то мужчины, у которых половое созревание заканчивается позднее, чем у женщин, имеют в среднем более высокий рост.

Таким образом, окостенение костей кисти и стопы заканчивается раньше, чем окостенение плечевой и бедренной костей.

Понижение функции желез внутренней секреции (передней части аденогипофиза, щитовидной, вилочковой, половых) и недостаток витаминов, особенно витамина D, задерживает окостенение. Ускорение окостенения происходит при преждевременном половом созревании, повышенной функции передней части аденогипофиза, щитовидной железы и коры надпочечника.

Как задержка, так и ускорение окостенения учитываются до 17—18 лет и достигают 5—10-летней разницы между «костным» и паспортным возрастами. Иногда на одной стороне тела окостенение выражено лучше или хуже, чем на другой.

**Возрастные различия в строении и составе костей.** Имеются возрастные различия и в строении костей. Количество гаверсовых каналов с возрастом уменьшается, а их расположение и строение изменяются. Чем старше ребенок, тем компактнее его кости, а чем моложе, тем больше они имеют губчатый характер. К 7 годам трубчатые кости приобретают строение, свойственное взрослому человеку, но между 10—12 годами губчатое вещество костей еще интенсивно изменяется, и его строение становится относительно неизменным к 18—20 годам.

В росте кости особое значение имеет надкостница. Чем моложе возраст ребенка, тем больше она сращена с костью, а с возрастом происходит ее отграничение от компактной кости. К 7 годам она уже отграничена от компактного вещества кости.

К 12 годам компактное вещество кости приобретает довольно однородную структуру. К 15 годам полностью исчезают единичные участки рассасывания компактного вещества, а к 17 годам в нем преобладают большие костные клетки.

Рост костно-мозговой полости в трубчатых костях с 7 до 10 лет резко замедляется, и она окончательно формируется с 11—12 до 18 лет, когда равномерно растет слой компактного вещества и увеличивается костно-мозговой канал. Толщина эпифизарного хряща трубчатых костей к 17—18 годам достигает 2—2,5 мм.

В составе костей у детей относительно больше органических веществ (оссеина и оссомукоида) и меньше неорганических (фосфорнокислого и углекислого кальция), чем у взрослых.

С возрастом происходит изменение химического состава костей, значительно увеличивается количество солей кальция, фосфора, магния и др. и меняется соотношение между ними.

Кальций в большом количестве задерживается в костях маленьких детей, а фосфор — детей старшего возраста.



В связи с изменением строения и химического состава изменяются физические свойства костей: у детей они более эластичны и менее ломки, чем у взрослых. Хрящи у детей также более пластичны. С возрастом их химический состав изменяется, в них нарастает количество минеральных солей.

**Гигиена скелета.** Так как процесс окостенения происходит в течение многих лет и еще не завершен у школьников, то односторонние и непосильные для данного возраста физические упражнения могут деформировать скелет. Например, у школьников до 15—16 лет силовые упражнения, чрезмерно длительный бег или чрезмерно продолжительная ходьба на лыжах неблагоприятно отражаются на развитии рук и ног. Наоборот, физический труд и физические упражнения, умеренные и посильные для данного возраста, способствуют развитию скелета и укрепляют костную ткань. Упражнения, связанные с дыхательными движениями, приводят к развитию грудной клетки. Упражнения рук и ног ускоряют рост длинных костей. На развитие скелета влияют питание и гигиенические условия.

В развитии скелета решающая роль принадлежит физическому труду и физическим упражнениям, а у детей раннего возраста — играм, т. е. деятельности скелетных мышц.

V. НЕ

I. ВОЗР  
НЕРВ

Изм  
система  
ны раст  
Голо  
дения. I  
са и стр  
Разв  
личеник  
нем от 3  
вочек. В  
быстро,  
3—5 год  
1250 г, 1  
большей  
дам. У  
щины пр  
га на до  
Вес м  
ется 1 : 7  
Мозж  
головного  
тельно, м  
га в чел  
9—11 мес  
Измен  
мозга. В  
лет — 8



## V. НЕРВНАЯ СИСТЕМА

### 1. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Изменения веса головного мозга. В утробной жизни нервная система начинает формироваться очень рано, и все другие органы растут и развиваются под ее регулирующим влиянием.

Головной и спинной мозг детей развиваются с момента рождения. Их развитие проявляется прежде всего в изменениях веса и строения.

Развитие головного мозга у детей легко проследить по увеличению его веса. Головной мозг новорожденного весит в среднем от 380 до 400 г, у мальчиков на 15—20 г больше, чем у девочек. В течение первого года жизни головной мозг растет очень быстро, к 6 месяцам — 1 году его вес увеличивается в 2 раза, к 3—5 годам — в 3 раза, а затем его рост замедляется (в 7 лет — 1250 г, в 9 лет — 1300 г., в 15 лет — 1350 г) и достигает наибольшей величины у мужчин к 25 годам, а у женщин к 20 годам. У взрослого мужчины он весит в среднем 1360 г, у женщины примерно на 10% меньше. Из общего веса головного мозга на долю больших полушарий приходится 80%.

Вес мозга новорожденного по отношению к весу тела равняется 1:7,5—8,5, а у взрослого — 1:40—50.

Мозжечок составляет у взрослого 10,3—10,4% общего веса головного мозга, а у ребенка 5 месяцев — 7,5—8,1%. Следовательно, мозжечок отстает в своем развитии от головного мозга в целом. Образование слоев в мозжечке заканчивается к 9—11 месяцам жизни.

Изменения химического состава и кровоснабжения головного мозга. В головном мозге плода 91,6% воды, а у ребенка 8 лет — 85,8%. С возрастом количество воды в головном мозге еще больше уменьшается. Изменяется также химический состав головного мозга, например в 6—7 лет в нервных клетках появляются следы липофусцина, что является результатом их функционирования.



[illegible]

Рис. 7. Головной мозг  
после 3 мес  
1-сильвиева яма; 2-центральная борозда

Нервные клетки  
сером веществе  
у ребенка 3 ле  
ск коры. К 3 ле  
зростов

С возрастом п  
ок и их отростков  
ажено только д  
пределенном э  
Берсдорф  
яться  
и

на 3—5-м году жизни развиваются почти исключительно в 5-летнем возрасте.

...его дост  
...остью мозг



ных клеток 5-го слоя, раньше созревающего, в двигательной, передней центральной извилине, а затем по мере созревания и в других клетках. Особенно интенсивно их развитие в первые месяцы после рождения. На 6-м месяце утробной жизни 95—96% коры состоит из 6 слоев.

Уже к моменту рождения кора больших полушарий головного мозга имеет, в общих чертах, такой же тип строения, как и у взрослого, и почти такое же количество нервных клеток (12—14 миллиардов), так как после рождения новые высокодифференцированные нервные клетки появляются в небольшом количестве.

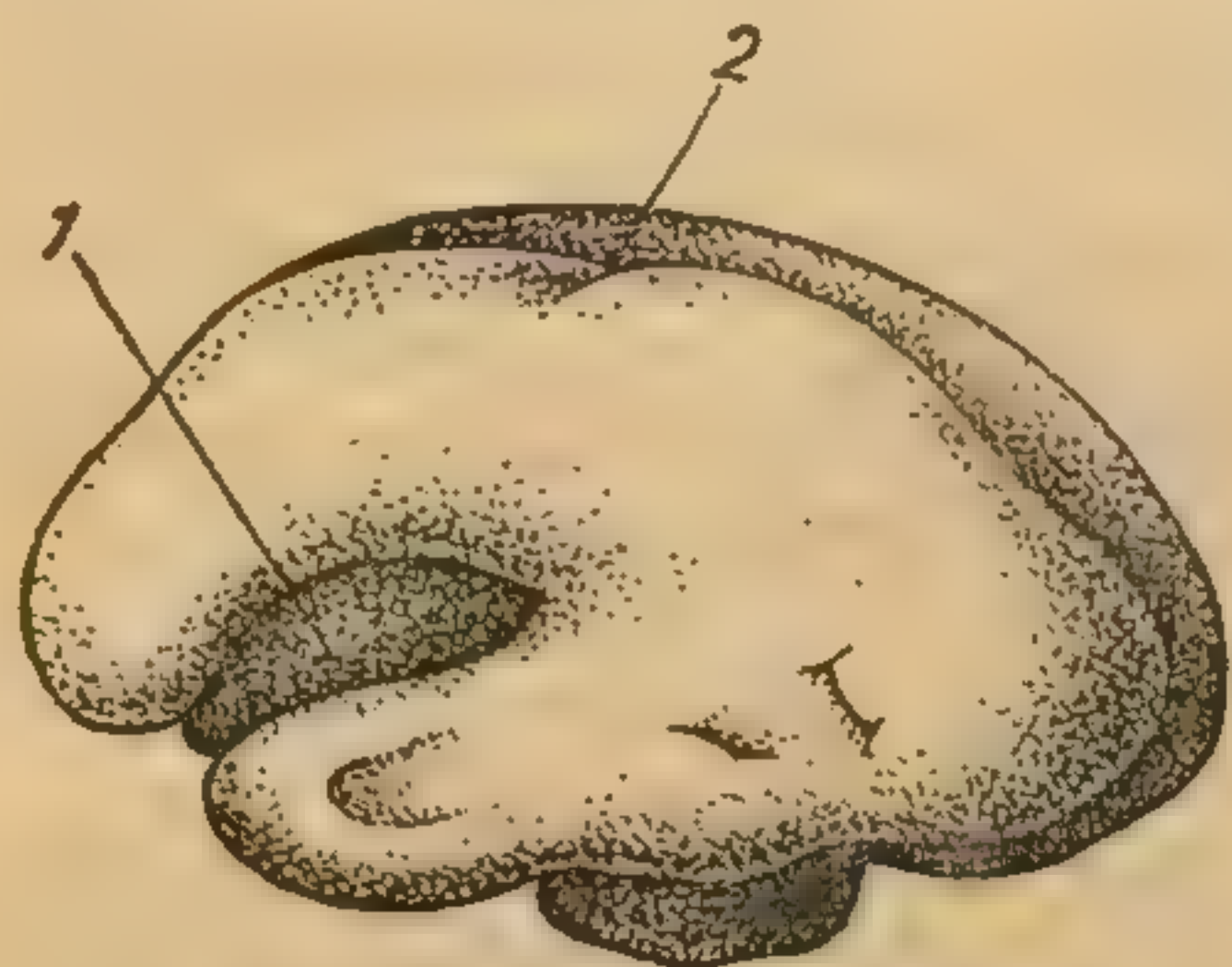


Рис. 7. Головной мозг плода человека 3 месяцев:

1—сильвиева яма; 2—центральная борозда.

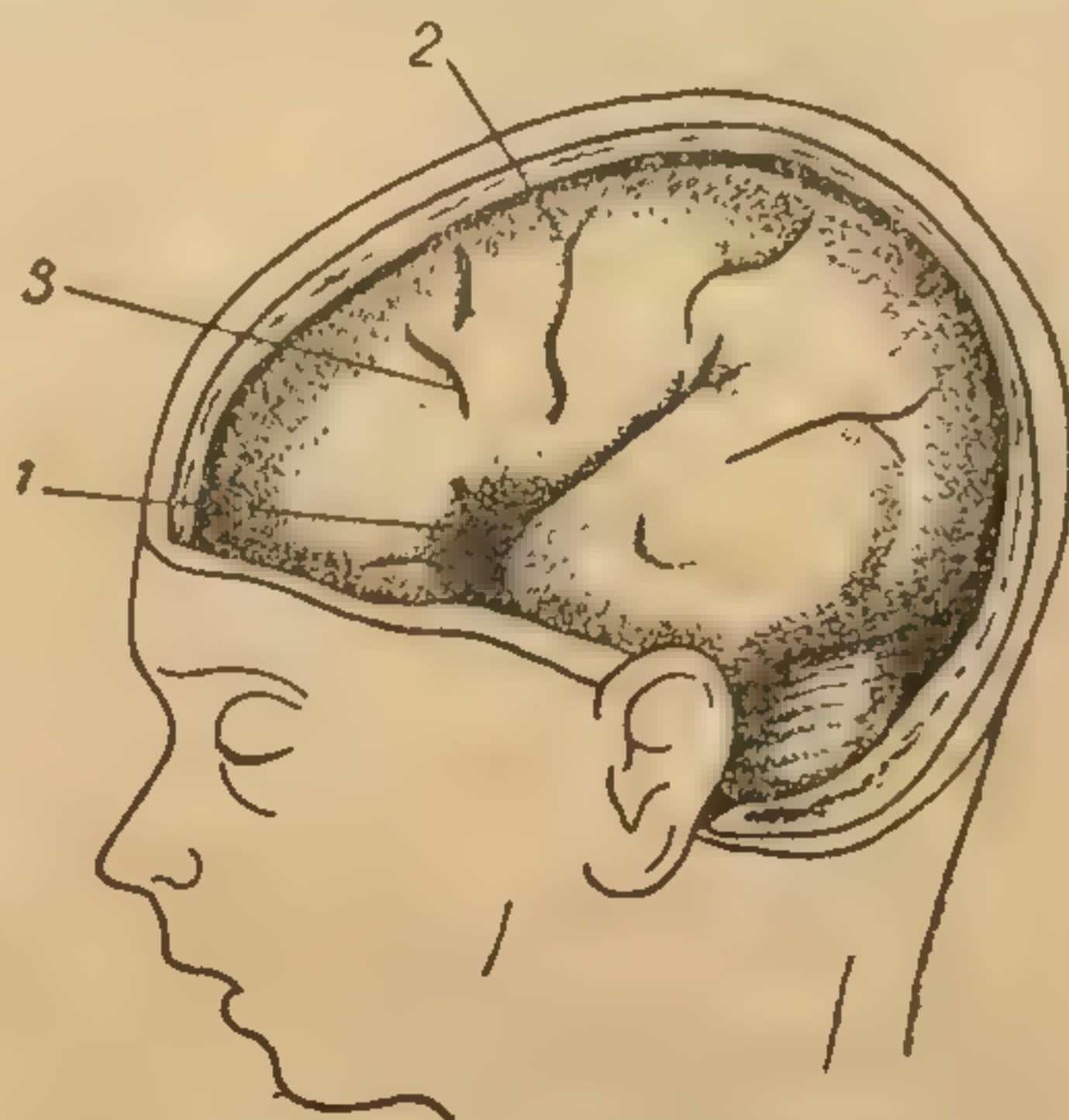


Рис. 8. Головной мозг плода человека 5 месяцев:

1—сильвиева яма; 2—центральная борозда  
3—предцентральная борозда.

Нервные клетки в первые месяцы жизни имеются не только в сером веществе, но и в белом веществе.

У ребенка 3 лет отчетливо выражена дифференцировка клеток коры. К 3 годам клетки коры мало отличаются от клеток взрослого.

С возрастом происходит усложнение строения нервных клеток и их отростков, что продолжается до 40 лет и позже. Обнаружено только деление малодифференцированных клеток на определенном этапе развития.

Борозды на поверхности больших полушарий начинают появляться на 3—5-м месяцах внутриутробной жизни (рис. 7—8).

Их развитие происходит неодновременно. У 7-месячного плода имеются почти все крупные борозды. После рождения (рис. 9) очень быстрое развитие борозд и извилин замедляется, но происходит достаточно отчетливо до 1—2 лет.

У 5-летнего ребенка, несмотря на внешнее сходство с поверхностью мозга взрослого человека, борозды еще не достига-



ют полной глубины, имеется иное соотношение долей мозга, относительно другие размеры мозжечка и его расположение. После рождения увеличиваются размеры лобной доли, изменяется положение варолиева моста и продолговатого мозга. В раннем детстве затылочная доля сравнительно больше, чем у взрослого. Приблизительно к 9—10 годам борозды и извилины занимают такое же положение, как и у взрослого.

У детей с возрастом меняется соотношение между поверхностью головного мозга и его массой. Масса больших полушарий растет быстрее, чем их поверхность.



Рис. 9. Головной мозг новорожденного (слева).

Общая поверхность коры больших полушарий взрослого человека в среднем равна  $220\,000\text{ мм}^2$  ( $0,22\text{ м}^2$ ), из которых одна треть приходится на свободную поверхность, а две трети на кору, скрытую в глубине борозд.

Сначала развиваются глубокие слои коры, а затем уже поверхностные. Нижний край мозжечка только к 10 годам достигает уровня большого за-

тылочного отверстия. Доли полушарий мозжечка только к 2 годам занимают примерно то же положение, что и у взрослого.

Рассмотрим развитие строения у детей некоторых анализаторов в больших полушариях, имеющих особо важное физиологическое значение.

**Развитие строения двигательной области больших полушарий.** После рождения область двигательного анализатора больших полушарий уже имеет характерное клеточное строение.

Рост пирамидных нервных клеток лобной доли больших полушарий у детей происходит неравномерно. В конце 1-го и в начале 2-го года жизни рост пирамидных клеток усиливается. В возрасте 2,5—3 лет происходит резкое замедление темпа роста этих клеток. В 12 лет заканчивается рост пирамидных клеток в нижних слоях коры, а в верхних слоях продолжается некоторое ускорение роста пирамидных клеток до 18 лет. Эти клетки к 2,5 годам приобретают характерную для взрослых форму в верхних слоях коры, после быстрого роста с 1 года 7 месяцев до 2,5 лет. В нижних слоях этот процесс пирамидизации протекает значительно более равномерно. С возрастом изменяются количество клеток, их вариабельность и густота распределения в разных полях коры (И. И. Глезер).

Существуют афферентные пути из наружного ядра зрительного бугра в переднюю центральную извилину. В двигатель-



ном анализаторе имеются афферентные волокна и звездчатые клетки, как и в других участках коры. Поэтому двигательный анализатор является не только центробежной, но и воспринимающей областью коры.

В верхних слоях коры двигательного анализатора расположены афферентные клетки, деятельность которых создает наши представления о движениях. В нижних слоях двигательного анализатора расположены эфферентные клетки. Из этих клеток двигательного анализатора (из передней центральной извилины) исходят центробежные пирамидные пути, достигающие особенно большого развития у людей в результате их исторической общественно-трудовой деятельности. В связи с огромным значением рук в трудовой жизни человека оба пирамидных пути одной половины спинного мозга в верхних шейных сегментах содержат 70 100 волокон, а в верхних грудных сегментах — уже только 30 500, так как примерно 40 000 нервных волокон входят в состав нервов руки. Часть пирамидных путей исходит из задней центральной извилины.

Таким образом, и передняя и задняя центральные извилины содержат и центробежные (эфферентные) и центростремительные (афферентные) нервные клетки и нервные волокна.

Из 2 млн. нервных волокон, входящих в состав пирамидных путей, 40% исходят из передней центральной извилины, а 60% — из задней центральной извилины, из премоторной области и других областей.

Пирамидные пути на 80% состоят из вегетативных волокон, проводящих центробежные импульсы к внутренним органам.

С возрастом развиваются и дифференцируются не только корковый отдел двигательного анализатора, но и подкорковый отдел (полосатое тело, особенно бледный шар, безымянная субстанция, люисово тело, красное ядро, черная субстанция). Развитие обоих отделов взаимосвязано.

У новорожденного корковые поля двигательного анализатора составляют от 10 до 22%, а подкорковые образования в среднем 30% от их объема у взрослого человека. В 7 лет объем корковых полей — около 80% от объема у взрослого, а объем подкорковых образований — около 95%. Следовательно, в 7 лет объем этих отделов двигательного анализатора еще не достигает нормы взрослого человека. Некоторые корковые поля двигательного анализатора приобретают строение, свойственное взрослому человеку только к 12 годам.

Развитие строения двигательного анализатора зависит от развития моторики детей (их мышечной деятельности). Схематически различаются этапы ускорения темпа развития и зрелости области двигательного анализатора: первые недели после рождения, 4 года, 7 лет и 12 лет, когда строение коры приобретает сходство с клеточным строением взрослого человека.



Перевозбуждение бледного шара вызывает навязчивые движения рук, главным образом пальцев, или всего тела, лица, рук; ног — хорея у детей и подростков от 6 до 15 лет (рис. 10).

Развитие строения области кожного анализатора больших полушарий. Закладка извилин и борозд в области кожного анализатора происходит в утробном периоде ранее всего, еще на 3 месяце. У плода 6 месяцев эта область по своему строению отличается от соседних. У новорожденного она имеет еще бо-

лее дифференцированное строение, усложняющееся с возрастом.

У ребенка 7 лет ширина и строение нервных клеток некоторых полей этой области такие же, как и у взрослого человека. Дальнейшее развитие происходит за счет внутриклеточных преобразований. Другие поля этой области приближаются по своему строению к характерным для взрослого уже к 2 годам, после чего их развитие продолжается. В основном кора этой области сходна по своему строению с корой взрослого человека уже к 2 годам.

Большая часть афферентных волокон поступает в корковую область кожного анализатора непосредственно из латерального ядра зрительного бугра. Афферентные волокна из этой области доходят до поясничного отдела спинного мозга.

Существует взаимосвязь в развитии коркового и подкоркового отделов кожного анализатора.

Развитие строения области зрительного анализатора больших полушарий. Площадь зрительного анализатора в коре затылочной области через 14 дней после рождения возрастает по сравнению с ее площадью у новорожденного в 1,5 раза. С возрастом у детей площадь этой области продолжает увеличиваться. Дифференцируются нервные клетки, значительно увеличивается в объеме также наружное коленчатое тело. Особенно это заметно к 7—12 годам. Однако и после этого возраста развитие продолжается как в коре зрительного анализатора, так и в его подкорковой области. У взрослого человека величина площади коры затылочной области увеличивается в 5 раз по сравнению с новорожденным.



Рис. 10. Непроизвольные судорожные сокращения мышц руки.



Корковый мозговой конец зрительного анализатора формируется несколько позже двигательного и кожного, почти одновременно со слуховым и верхней теменной областью, которая относится к кожному анализатору, и значительно обгоняет сроки развития лобной и нижнетеменной областей. Это обусловлено тем, что зрительный анализатор начинает функционировать вскоре после рождения, но позднее двигательного и кожного анализаторов.

Развитие лимбической доли больших <sup>Нижний отдел</sup> полушарий. Лимбическая доля относится к древней и старой коре. Она участвует в регуляции вегетативных функций, в эмоциях, а также в обонянии и вкусе.

Лимбическая, или краевая, доля, принадлежащая исключительно к внутренней поверхности головного мозга, окружает мозолистое тело. Она состоит из сводообразной извилины, которая делится на поясную извилину, расположенную впереди мозолистого тела, и на извилину морского коня, или гиппокампа, огибающую мозолистое тело сзади и заканчивающуюся крючком.

Часть лимбической, или краевой, доли, ограниченную ростральной ее частью, включающей передний отдел поясной извилины, примыкающий к орбите, островку и височной доле, а также миндалевидные ядра некоторые авторы называют висцеральным мозгом. Однако «висцеральный мозг» (и гипоталамическая область) осуществляют не только вегетативные, но и двигательные рефлексы. Уже у новорожденного ребенка лимбическая доля имеет строение сходное со взрослым человеком. Кора этой доли быстрее созревает и меньше изменяется, чем во многих других областях новой коры. Для коры лимбической доли, особенно ее передней части, характерна меньшая дифференцировка пирамидных клеток верхних слоев (1—4) и наличие большого числа веретенообразных клеток в нижних слоях (5—6). С 2,5 лет у детей встречаются юные и недостаточно зрелые формы нейронов, особенно во 2-м слое. Нейроны этой доли, по сравнению с двигательным, слуховым и зрительным анализаторами, имеют менее сложное строение. Рост лимбической доли у детей происходит неравномерно (Н. И. Цинда).

Развитие мозгового ствола. Зрительный бугор закладывается к 2-месячному периоду утробной жизни. Рост зрительного бугра становится особенно заметным к 4-летнему возрасту.

Рост зрительного бугра происходит медленно, он достигает размеров взрослого только к 13 годам.

Гипоталамическая область начинает развиваться с 3—5 месяцев утробной жизни, и только в периоде полового созревания заканчивается дифференцировка клеток ее центрального серого вещества. Крупные артериальные стволы появляются в ней после 7 лет.



Варолиев мост к 5 годам доходит до уровня, на котором он расположен у взрослого.

Созревание нервных клеток продолговатого мозга заканчивается в основном к 7 годам.

В процессе эволюции объем ретикулярной формации уменьшается, например у ежа он составляет 39% объема мозгового ствола, а у взрослого человека — 9,3%.

**Миэлинизация проводящих путей головного и спинного мозга.** Процесс образования в головном мозге миэлиновых оболочек вокруг нервных волокон проводящих путей (миэлинизация) начинается еще во внутриутробной жизни и продолжается после рождения.

Раньше всего заканчивается миэлинизация тех нервных путей, которые начинают функционировать раньше других. В головном мозге раньше миэлинизируются воспринимающие пути и области, а центробежные, двигательные, пирамидные пути миэлинизируются через 5—6 месяцев, а иногда через 4—10 лет после рождения. К 2 годам заканчивается миэлинизация слуховых и зрительных путей. Позднее миэлинизируются спяечные и сочетательные волокна. Центробежные волокна полосатого тела развиваются раньше пирамидных путей.

Мозолистое тело связывает не только большие полушария головного мозга, но и отделы подкорковых образований. Филогенетически более старые отделы мозолистого тела обеспечивают парную работу подкорковых центров, а более новые — парную работу больших полушарий.

В отличие от головного мозга, в спинном мозге передние двигательные корешки миэлинизируются раньше центростремительных задних корешков.

Двигательные клетки передних рогов спинного мозга дифференцируются раньше вегетативных клеток боковых рогов спинного мозга. Волокна нежного пучка Голля миэлинизируются позднее волокон клиновидного пучка Бурдаха, что связано с более поздним функционированием ног и более ранним функционированием мускулатуры рук и верхней части туловища после рождения. К рождению задние столбы покрыты миэлином.

**Миэлинизация нервов.** Миэлинизация черепномозговых и спинномозговых нервов начинается на 4-м месяце внутриутробной жизни. Раньше всего миэлинизируются двигательные, затем смешанные и позднее всего центростремительные нервы. К моменту рождения двигательные черепномозговые нервы уже покрыты миэлином. Миэлинизация всех черепномозговых нервов заканчивается к 1—1,5 годам.

Спинномозговые нервы быстро миэлинизируются после рождения. Большинство спинномозговых нервов покрывается миэлином к 3-месячному возрасту. У ребенка 8 месяцев не миэлинизированы только отдельные осевые цилиндры.



Миелинизация всех спинномозговых нервов заканчивается к 3 годам (иногда до 5—10 лет), но рост миелиновой оболочки и осевого цилиндра продолжается и после 3 лет.

**Развитие вегетативной нервной системы.** Возрастные особенности развития строения и функции второго центробежного пути единой нервной системы — вегетативной нервной системы, иннервирующей внутренние органы, мало изучены.

В отношении некоторых органов, например сердца, известно, что симпатические нервы начинают функционировать раньше, чем парасимпатические (блуждающие). С другой стороны, ряд авторов указывает на то, что у детей, особенно до 7 лет, преобладает действие парасимпатических нервов, что обеспечивает преобладание процесса ассимиляции веществ и рост организма.

**Факторы, определяющие изменения строения нервной системы.** Строение центральной и периферической нервной системы школьников изменяется с возрастом, что связано: 1) с развитием двигательных функций и 2) восприятием изменений внешней и внутренней среды организма посредством органов чувств (анализаторов).

Функции нервной системы связаны с возрастными особенностями ее строения. Возрастные изменения строения нервной системы в свою очередь определяются особенностями ее функционирования в различные периоды жизни. Ведущая роль в единстве строения и функций нервной системы принадлежит функциям, которые вызываются и изменяются под влиянием внешней среды, условий жизни.

## 2. АНЭНЦЕФАЛИЯ И МИКРОЦЕФАЛИЯ У ДЕТЕЙ

В очень редких случаях рождаются дети-уроды, у которых отсутствуют большие полушария головного мозга — анэнцефалы.

Иногда рождаются дети с врожденным недоразвитием больших полушарий головного мозга — микроцефалы. Один ребенок-анэнцефал жил около 4 лет. После его смерти на вскрытии вместо больших полушарий у него были обнаружены два тонкостенных пузыря, в которых не было нервных клеток и миелиновых волокон. Все центробежные пути коры отсутствовали. Зрительные бугры были недоразвиты. Ребенок мог сосать. Он беспробудно спал. Голод его не будил. Его насильно будили и кормили молоком. Кроме молока, он не мог проглотить никакой пищи, даже если ему вводили ее в рот. Он не мог держать предметов руками, не мог производить координированных движений, его нельзя было научить ходить. Он не ощущал света, но свет вызывал у него сужение зрачка и смыкание век. При сильных звуках он только вздрагивал. На болевые



раздражения не реагировал. Речь и мышление у него отсутствовали.

У микроцефалов ненормально малы череп и головной мозг при относительно обычном теле. В некоторых случаях малый мозг имеется при нормальной величине черепа. Как правило, микроцефалия — результат нарушений роста и развития головного мозга в утробном периоде и редко после рождения ребенка.

Микроцефалом считается взрослый человек, у которого окружность головы меньше 48 см, а вес головного мозга меньше 950—1000 г. Обычно у микроцефалов окружность головы — 30—40 см, а вес головного мозга — 250—900 г. У микроцефалов наблюдаются нарушения безусловных рефлексов сосания, глотания и др., а также расстройства вегетативных функций — кровообращения, пищеварения и др. и потеря болевой чувствительности. Нарушено образование условных двигательных рефлексов и навыков. Дети-микроцефалы позднее обучаются ходьбе и речи. У них резко нарушена психика, имеется сильно выраженное слабоумие. Физическое развитие этих детей может быть нормальным.

### 3. ЕДИНСТВО ВОСПРИЯТИЙ, ДВИГАТЕЛЬНЫХ И ВЕГЕТАТИВНЫХ ФУНКЦИЙ

**Поддержание гомеостазиса.** Основное значение для соответствия всех функций организма изменениям внешней среды имеет сохранение относительного постоянства внутренней среды, т. е. биологического и физико-химического состава крови, лимфы и тканевой жидкости, которые непосредственно омывают все ткани и клетки тела. Это относительное динамическое постоянство внутренней среды поддерживается саморегуляцией посредством нервной системы — обмена веществ, температуры тела, кровообращения, пищеварения, дыхания, выделения остаточных продуктов обмена веществ, деятельности желез внутренней секреции.

«Постоянство внутренней среды есть условие свободной жизни» (К. Бернар). Это относительное постоянство внутренней среды обозначается как гомеостазис (У. Кеннон).

Нормальная жизнедеятельность организма происходит в условиях сравнительно незначительных колебаний физиологических и биохимических процессов в нем. Отклонения этих процессов, например при физическом труде, возвращаются к норме.

Ведущее значение в поддержании гомеостазиса имеют внешние органы чувств или рецепторы зрения, слуха, чувствительности кожи, обоняния, вкуса (экстероцепторы). Воспринимаемые ими воздействия внешнего мира вызывают нервный процесс в анализаторах головного мозга, который проявляется в ощущениях, мыслях и сознании человека, а также в его поступках и



действиях, т. е. в сокращениях скелетных мышц и в изменениях деятельности внутренних органов (вегетативных функциях).

При сокращениях скелетных мышц происходит раздражение рецепторов, находящихся в мышцах, суставах и суставных сумках, а также вестибулярного аппарата внутреннего уха, составляющих группу проприоцепторов.

Нервные импульсы из проприоцепторов рефлекторно регулируют напряжение и сокращения скелетной мускулатуры, т. е. поддержание позы и перемещения человека в пространстве.

Кроме того, нервные импульсы из проприоцепторов регулируют работу всех внутренних органов в соответствии с сокращениями скелетных мышц, т. е. с поведением или двигательными рефлексам на воздействия внешнего мира. Это моторно-висцеральные рефлексы (М. Р. Могенович).

Деятельность внутренних органов сопровождается химическим и механическим раздражением находящихся в них рецепторов — интероцепторов.

Импульсы из интероцепторов играют основную роль в рефлекторной саморегуляции всех вегетативных функций, главным образом нижними отделами нервной системы. Саморегуляция уровня деятельности внутренних органов происходит и нервно-гуморальным путем, т. е. посредством гормонов, медиаторов (химических передатчиков нервного процесса) и продуктов обмена веществ (метаболитов), действующих через внутреннюю среду (гуморально). Эти химические вещества, поступающие во внутреннюю среду, также образуются при участии нервной системы.

Импульсы из интероцепторов при достаточной интенсивности рефлекторно изменяют напряжение скелетных мышц и вызывают их сокращения (висцеромоторные рефлексы).

Таким образом, гомеостазис поддерживается благодаря раздражениям указанных трех групп рецепторов (экстеро-, проприо- и интероцепторов).

**Развитие у детей двигательных и вегетативных функций.** У новорожденных и в грудном возрасте имеются и развиваются нервная и нервно-гуморальная регуляция вегетативных функций и некоторые двигательные рефлексы, обеспечивающие жизнь после рождения.

В дошкольном и дошкольном возрастах, при воздействии внешнего мира на экстероцепторы, формируются нервные и нервно-гуморальные механизмы движений, которые становятся все более точными и сложными. Одновременно, благодаря раздражению проприоцепторов, формируются моторно-висцеральные рефлексы. Развиваются и закрепляются основные нервные механизмы взаимодействия двигательных и вегетативных функций, имеющие особенно важное значение в труде, физкультуре и спорте.



Например, при сокращениях скелетной мускулатуры происходит раздражение проприоцепторов мышц, суставов и сухожилий, что вызывает рефлекторно изменения работы сердца, кровяного давления, дыхания, пищеварения, мочеобразования и других вегетативных функций. Таким образом, благодаря моторно-висцеральным рефлексам из проприоцепторов, осуществляется координация двигательных и вегетативных рефлексов.

При переходе от грудного возраста к детству и особенно в школьном возрасте поведение все в большей мере регулируется не непосредственно безусловными и условными рефлексами, а психикой детей (ощущениями, переживаниями, мышлением, сознанием), развивающейся одновременно с формированием и совершенствованием речевой функции в процессе обучения и воспитания.

С возрастом решающую роль в изменениях двигательных и вегетативных функций приобретает сознание школьника, обусловленное социальными условиями жизни.

#### 4. ВЫСШАЯ И НИЗШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Деятельность нервной системы, осуществляющая единство функций организма и условий его жизни, называется высшей нервной деятельностью, которая состоит из условных и безусловных рефлексов.

Высшая нервная деятельность — это, по И. П. Павлову, временные и относительно постоянные нервные связи животного организма с внешней средой, или деятельность высшего отдела нервной системы — больших полушарий головного мозга, обеспечивающая нормальные сложные отношения животного организма к внешнему миру. Иначе говоря, это единство условных (приобретенных) и безусловных (врожденных) главным образом двигательных рефлексов, которое составляет поведение животного организма. По мнению И. П. Павлова, эти условные и безусловные рефлексы и являются объективным выражением психической, или душевной, деятельности животных. Следовательно, он считал, что у животных «все содержание психической функции», «вся душа» может быть изучена объективным путем.

Главнейшее свойство высшей нервной деятельности состоит в том, что она обладает чрезвычайной изменчивостью, пластичностью. Она способна тонко и быстро изменяться в соответствии с изменениями внешней среды, условий жизни. Высшая нервная деятельность совершенствуется благодаря постоянной тренировке, при выполнении все более и более усложняющихся сокращений скелетной мускулатуры при постепенно увеличивающихся требованиях к нервной системе, предъявляемых условиями жизни.



Осуществление высшей нервной деятельности, этой первой, главной и основной деятельности нервной системы, обеспечивающей единство организма и условий его жизни, связано с второй, низшей нервной деятельностью, «с объединением работы всех частей организма»<sup>1</sup>, а именно с объединением и регулированием работы всех внутренних органов. Ясно, что высшая нервная деятельность, определяющая поведение, — движения животного организма, сокращения скелетных мышц, невозможна без согласования с низшей нервной деятельностью — работой сердца, кровеносных сосудов, дыхательного аппарата, пищеварительного канала, желез внутренней секреции и других внутренних органов.

Не следует приравнивать низшую нервную деятельность к безусловнорефлекторной деятельности, так как И. П. Павлов, В. М. Бехтеров и другие доказали, что на работу внутренних органов образуются условные рефлексы. Однако в работе внутренних органов преобладает безусловнорефлекторная саморегуляция посредством главным образом низших отделов головного мозга. Следовательно, между высшей и низшей нервной деятельностью нет разрыва.

Существование организма в условиях изменяющейся окружающей среды возможно благодаря тому, что в самом организме происходят именно такие изменения работы внутренних органов, которые позволяют животному организму приспособиться к внешней среде, к определенным меняющимся условиям существования.

## 5. ВЫСШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ПСИХИКА

Сознание — высшая форма психики. Высшей нервной деятельностью обладают все животные, имеющие нервную систему. В отличие от животных, люди обладают не только более сложной высшей нервной деятельностью, но и высшей формой психики — сознанием. Сознание является отображением общественного бытия в мозгу человека.

Сознание свойственно только людям. Это форма отражения объективной реальности внешнего мира, качественно отличающая психику человека от даже наиболее организованных животных. Чувства людей и их знания об окружающем мире формировались в процессе исторической общественно-трудовой деятельности. Сознание — это процесс осознания окружающего мира и самого себя, это знания, приобретаемые в процессе активного воздействия на природу, в общении с людьми.

<sup>1</sup> И. П. Павлов, Полное собрание трудов; т. III, 1949, стр. 391, 482.



Следовательно, сознание — это общественный продукт. История сознания начинается лишь с развитием человеческого общества.

Не существует сознания «человека вообще», а существует сознание человека определенной исторической эпохи, общества, класса.

Дети и взрослые люди, в отличие от животных, способны к волевым, сознательным действиям, они обладают целенаправленной активностью.

Основное коренное отличие людей от животных состоит в том, что у них не простая, не непосредственная, а качественно иная форма отображения головным мозгом внешнего мира в понятиях, законах. Поэтому нельзя сводить психику детей только к системе условных и безусловных двигательных рефлексов, как единственной системе, обеспечивающей их поведение во внешнем мире, т. е. исключительно к высшей нервной деятельности.

И. П. Павлов отрицательно относился к повторению на людях опытов по условным рефлексам, произведенных на животных. «Я отношусь довольно индифферентно, — говорил он, — к полному повторению наших собачьих условных рефлексов на людях, считаю, что это никчемное дело»<sup>1</sup>.

**Особенности высшей нервной деятельности людей.** Высшая нервная деятельность людей имеет ряд весьма существенных особенностей, отличающих ее от животных.

У детей и взрослых людей имеются отличия в скорости иррадиации и концентрации нервного процесса, в подвижности нервного процесса, обеспечивающей быстроту переключения от выполнения одних рефлексов к выполнению других, в образовании условных рефлексов высших порядков, в преобладании следовых рефлексов и др. Например, мозг людей лучше различает всевозможные комбинации раздражителей, а животные лучше различают отдельные раздражители.

Выработанные условные рефлексы отличаются наибольшей стойкостью не у людей, а у животных. Способность прочно удерживать выработанные навыки, несмотря на явное их несоответствие условиям жизни, характерна для низкого уровня развития нервной системы. Следовательно, высшая нервная деятельность людей несравненно сложнее высшей нервной деятельности животных.

Но основное их отличие состоит в том, что у людей существуют новые, качественно отличные условные двигательные рефлексы, обеспечивающие произнесение и написание слов, а также способность реагировать на слова, как на условные раздражители, имеющие определенное смысловое содержание.

<sup>1</sup> «Павловские среды», т. II, 1949, стр. 246.

Эта новая  
тепловая ф  
словесная, с  
ка у людей.

И. П. Павлов  
ловека есть та  
и все остальные  
и такой многооб  
этом отношении  
нение с условн  
даря всей предш  
со всеми внешн  
щими в большие  
меняет и поэтому  
низма, которые с

Пользуясь реч  
вые двигательны  
работы внутренн  
рефлексы.

Слова являютс  
вают у человека  
лексы, например  
гивания руки при  
теля.

Слова вызыва  
двигательные нав  
ученных движений

Слова являютс  
вающими вегетат  
ние сердечной дея  
ческом упражнен

**Высшая нервная**  
не только условн  
зрительные раздра

Нельзя отожде  
или словесной, с  
и то же.

Дело в том, ч  
тивные зако  
общественный  
мируются понятия

ся внешнего мира  
понятия, зако  
посвещение и разви  
щества.

И. П. Павлов



Эта новая система условных и безусловных рефлексов, обеспечивающая функцию речи, т. е. вторая сигнальная, или словесная, система, по И. П. Павлову, существует только у людей.

И. П. Павлов специально подчеркивал, что «слово для человека есть такой же реальный условный раздражитель, как и все остальные общие у него с животными, но вместе с тем и такой многообъемлющий, как никакие другие, не идущий в этом отношении ни в какое количественное и качественное сравнение с условными раздражителями животных. Слово, благодаря всей предшествующей жизни взрослого человека, связано со всеми внешними и внутренними раздражениями, приходящими в большие полушария, все их сигнализирует, все их заменяет и поэтому может вызвать все те действия, реакции организма, которые обуславливают те раздражения»<sup>1</sup>.

Пользуясь речью, у детей можно образовать различные новые двигательные рефлексы и изменения обмена веществ и работы внутренних органов, т. е. одновременно и вегетативные рефлексы.

Слова являются условными раздражителями, которые вызывают у человека разнообразные безусловные двигательные рефлексы, например оборонительный двигательный рефлекс отдергивания руки при упоминании о действии болевого раздражителя.

Слова вызывают и ранее образовавшиеся в течение жизни двигательные навыки, например выполнение определенных заученных движений по словесному приказу.

Слова являются также условными раздражителями, вызывающими вегетативные рефлексы, например учащение и усиление сердечной деятельности и дыхания при разговоре о физическом упражнении, которое ранее многократно выполнялось.

**Высшая нервная деятельность и психика людей.** Слова — это не только условные звуковые или условные письменные, т. е. зрительные раздражители.

Нельзя отождествлять психику людей со второй сигнальной, или словесной, системой, нельзя утверждать, что это одно и то же.

Дело в том, что люди отражают в словах объективные закономерности природы и общества, общественный опыт человека. Посредством речи формируются понятия, законы вечно движущегося и развивающегося внешнего мира, природы и общества. Посредством слов эти понятия, законы передаются другим людям, действуют на их поведение и развиваются в процессе трудовой деятельности общества.

<sup>1</sup> И. П. Павлов, Полное собрание трудов, т. IV, 1947, стр. 337.



Дети и взрослые люди при помощи слов выражают свои мысли и чувства. Идеи, мысли не существуют оторванно от языка. Всякое слово, речь, уже обобщает.

Главное в слове — это понятие, как отвлечение или обобщение предметов и явлений внешнего мира, обобщение объективной реальности, т. е. внутренний смысл слова, его содержание, а не звуковой или письменный образы слова. Слова действуют на людей не звуками устной речи и не зрительными изображениями письменной речи.

Слова действуют на переживания и мысли людей тем главным, что в них заключается, — понятием, мыслью, идеей, имеющими объективное содержание, отображающими объективную реальность. Если ощущение — это субъективный, конкретный образ объективного мира, то понятие, мысль, идея — это отвлеченный, абстрактный образ объективного мира.

Представление о том, что слова — это просто условные физические звуковые раздражители или зрительные раздражители, вызывающие определенную автоматическую реакцию у любого человека, независимо от его мировоззрения, убеждений, характера, образа жизни, нравственности, образования, воспитания, культуры и т. д., является ненаучным, реакционным. Оно основано на отрицании сознания у людей, непризнании у них субъективного мира, на отрицании права на существование материалистической психологии как науки о психических явлениях, отражающих объективный мир.

Отрицание субъективного мира людей (ощущений, восприятий, представлений, мыслей, сознания), как образов, отображений внешнего материального мира, несмотря на свою мнимую «объективность и научность», характеризует реакционные, антинаучные направления.

Присущий человеку психический процесс абстрактного, отвлеченного анализа и синтеза понятий посредством слов не следует отождествлять с физиологическим процессом анализа и синтеза, существующим у животных, у которых нет абстрактного мышления. Этот физиологический процесс анализа основан на том, что в одних нервных клетках головного мозга протекает возбуждение, а в других — торможение, а физиологический синтез состоит в том, что возбуждение из одного участка головного мозга притягивается в другой, т. е. образуется замыкание или временная нервная связь между ними.

Физиология высшей нервной деятельности является только естественнонаучной основой психологии, но она не подменяет психологию. По мнению И. П. Павлова, законы высшей нервной деятельности — «основной фундамент психологического знания»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> И. П. Павлов, Полное собрание трудов, т. III, 1949, стр. 89.



И. П. Павлов, выражал надежду, что опыты над высшей нервной деятельностью животных дадут немало руководящих указаний для воспитания и самовоспитания людей. Это естественно, так как высшая нервная деятельность — функция головного мозга. Знания о высшей нервной деятельности раскрывают основные законы, по которым протекает нервный процесс в этом высшем отделе нервной системы.

И. М. Сеченов считал психологию вполне самостоятельной и важной наукой, которая должна изучать историю развития и происхождение психических явлений.

Он доказывал, что произвольная деятельность людей, так же как и непроизвольная, имеет рефлекторную природу. Он изучал рефлекторное происхождение психических явлений в детском возрасте.

Развивая идеи И. М. Сеченова, И. П. Павлов не отрицал психологии «как познания внутреннего мира человека»<sup>1</sup>. «Конечно, психология, касающаяся субъективной части человека, имеет право на существование, потому что ведь наш субъективный мир есть первая реальность, с которой мы встречаемся»<sup>2</sup>.

Часть центростремительных импульсов из органов чувств доходит до больших полушарий головного мозга, вызывает в них нервный процесс и воспринимается человеком в форме ощущений. Таким образом, материя, действуя на наши органы чувств, производит ощущение. Ощущения — это субъективные образы предметов и явлений объективного мира. Наши ощущения отражают объективную реальность, т. е. то, что существует независимо от человечества и от человеческих ощущений. Иначе как через ощущения, мы ни о каких формах материи и ни о каких формах ее движения ничего узнать не можем.

В головном мозге детей и взрослых людей совершается диалектический переход от ощущений к сознанию, к познанию законов природы и человеческого общества. Познание — это не непосредственное отражение головным мозгом внешнего мира, а процесс ряда абстракций, формирования, образования, понятий, законов. Непосредственно даны человеку ощущения и восприятия, как конкретные образы внешнего мира, отражающие отдельные стороны действительности. Мышление выявляет существенные, необходимые свойства и связи материального мира.

В процессе мышления данные ощущений сопоставляются, сравниваются, различаются, раскрываются связи и отношения между ними, переходы одного в другое. Так, в процессе мышления в понятиях познаются и раскрываются новые общие свойства предметов и явлений и связи между ними, которые не даны в ощущениях.

<sup>1</sup> И. П. Павлов, Полное собрание трудов, т. III, 1949, стр. 104.

<sup>2</sup> Там же, стр. 326.



В. И. Ленин указывал, что научная психология производит «изучение материального субстрата психических явлений — нервных процессов»<sup>1</sup>.

Психика людей имеет рефлекторную природу, но физиология высшей нервной деятельности не является единственной возможностью изучения психики человека, так как ее формирование и развитие определяется общественно-историческими закономерностями<sup>2</sup>.

Однако не каждый нервный процесс, происходящий в головном мозге, проявляется в ощущениях и осознается человеком.

Значительная часть сигналов, поступающих в большие полушария головного мозга людей, вызывает нервные, физиологические процессы, не сопровождающиеся психическими явлениями. Например, импульсы из рецепторов внутренних органов вызывают безусловные рефлексы саморегулирования обмена веществ, дыхания, деятельности сердца, кровяного давления и т. д., но они не ощущаются и не осознаются. Импульсы из внутренних органов, достигая коры больших полушарий, изменяют ее функциональное состояние, но, как отметил И. М. Сеченов, вызывают «темные» ощущения только при существенных изменениях внутренних органов (голод, жажда, сытость и т. д.) и расстройствах их деятельности.

У здорового человека, импульсы из рецепторов внутренних органов, в отличие от импульсов из органов чувств, расположенных на внешней поверхности тела, не являются основой возникновения его ощущений и формирования сознания.

Так как психические явления и лежащий в их основе нервный процесс в головном мозге человека представляют единство, но не тождество, то физиологи и психологи, по мысли И. П. Павлова, должны совместно работать над изучением деятельности головного мозга человека.

И. М. Сеченов подчеркивал, что необходимо и неизбежно изучать историю возникновения детской мысли из ощущения, чувства или вообще предметной мысли из ощущения. Он отмечал, что в мысли, как процессе, существует общая сторона, не зависящая от ее содержания, т. е. что материальной основой мысли является нервный, физиологический процесс в головном мозге.

Дети живут в мире, созданном общественным трудом, и среди людей, с которыми они общаются. Это определяет формирование их психики, отражающей предметы и явления окружающей социальной среды. Формирование произвольных действий и навыков происходит у них в процессе общения со взрослыми, при обязательном участии речевой инструкции или прика-

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Сочинения, изд. 4, т. I, стр. 127.

<sup>2</sup> См.: «Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова», т. XII, в. 5, 1962, стр. 981—982.



за взрослых. Сложные функциональные системы рефлекторной деятельности детей формируются у них в процессе общения со взрослыми и другими детьми и в процессе их деятельности. Посредством речи дети усваивают опыт предшествовавших поколений. Психические функции головного мозга различны у детей разных возрастов и проходят ряд последовательных этапов своего развития, изучаемых психологией.

## 6. УСЛОВНЫЕ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ РЕФЛЕКСЫ И ДВИГАТЕЛЬНЫЕ НАВЫКИ

Двигательными навыками принято называть новые движения, которые вырабатываются у человека в течение жизни, многократно повторяются и автоматизируются. Следовательно, после их образования они производятся без предварительного обдумывания. Выработка этих новых движений, новых координаций и сочетаний сокращений разнообразных групп скелетной мускулатуры происходит по механизму образования в больших полушариях головного мозга человека временных нервных связей, условных рефлексов, под влиянием которых перестраиваются координационные отношения в нижерасположенных отделах нервной системы. Однако между условными двигательными рефлексами животных и двигательными навыками людей имеются существенные, коренные отличия.

Условный двигательный рефлекс у животного, вырабатываемый в лаборатории, представляет собой, как правило, воспроизведение безусловного двигательного рефлекса по определенному сигналу, т. е. при действии условного раздражителя, или некоторую его переделку или задержку. Например, если сочетать звонок с раздражением лапы у собаки электрическим током, то вырабатывается условный рефлекс — собака поднимает лапу, т. е. воспроизводит безусловный рефлекс при изолированном действии звонка как условного раздражителя. Или, если звонок другого звучания не подкреплять электрическим током, то он не будет вызывать поднятие лапы и превратится в условный раздражитель, вызывающий торможение.

Двигательные навыки человека не являются воспроизведением врожденных движений по условному сигналу, а представляют собой совершенно новые формы движений, часто очень сложные, которые не существуют от рождения и нередко вырабатываются с очень большим трудом, при активном участии сознания. Сознательное овладение навыками — их основное отличие.

Общественный, коллективный труд, изготовление и применение орудий производства на основе современной, высокоразвитой техники обуславливают чрезвычайное совершенство, слож-



ность и тонкость двигательных навыков людей. Сознательное овладение двигательными навыками происходит в процессе обучения.

Так как при образовании двигательного навыка происходит сознательное формирование новых движений, то не только результаты опытов по условным двигательным рефлексам на собаках, но даже таких же опытов на человекообразных обезьянах не могут быть полностью перенесены на людей и раскрыть физиологические механизмы формирования двигательных навыков у людей.

Несомненно, результаты изучения высшей нервной деятельности у животных могут быть использованы для понимания общих физиологических механизмов образования условных двигательных рефлексов и двигательных навыков у людей. Однако образование специфических трудовых, спортивных, бытовых и других двигательных навыков у людей существенно отличается от условных двигательных рефлексов животных, так как они формируются в условиях жизни в обществе, в процессе общественно-трудовой деятельности и целенаправленных физических упражнений организма, строение и функции которого коренным образом отличаются от животных. Кроме того, только человеку свойственны речь и связанное с ней отвлеченное мышление, играющие первостепенную роль в формировании двигательных навыков.

Поэтому действительное раскрытие механизмов формирования двигательных навыков людей возможно только на людях, а не на животных.

## 7. РАЗВИТИЕ ДВИГАТЕЛЬНЫХ РЕФЛЕКСОВ У ДЕТЕЙ

**Рефлекторные движения плода.** Главнейшим внешним проявлением деятельности нервной системы являются движения, которые обеспечивают единство организма и условий его жизни во внешнем мире.

Первые рефлекторные движения у плода человека обнаруживаются уже на 3-м месяце утробной жизни. Наблюдались медленные движения рук и ног даже у 6-недельного плода человека.

Наблюдения развития рефлекторных движений в онтогенезе показали, что первыми появляются движения при раздражении рецепторов головы, затем у плода появляется одновременное движение головы и руки, затем — движения туловища и, наконец, движения ног.

Движения головы играют ведущую роль в развитии нервной деятельности и особенно двигательных рефлексов.

Первые рефлекторные движения плода являются изолированными сокращениями скелетной мускулатуры определенной



части тела, производимыми изолированными, уже созревшими. очагами нервной системы. Так, например, у плода человека существуют рефлекторные хватательные движения пальцев рук, подошвенный рефлекс, коленный рефлекс. У 2-месячного плода человека движения очень слабы, замедленны, асимметричны, аритмичны и некоординированы.

У 4-месячного плода имеются оборонительные рефлексы. Например, при раздражении ступни ножка сгибается, а противоположная ножка разгибается.

Беременная женщина ощущает движения плода в конце 4-го или в начале 5-го месяца. Через некоторое время рефлекторные движения плода теряют свой местный, изолированный характер и становятся массовыми, распространенными и медленными, длительными. При раздражении в любом участке рецепторов кожи получают сокращения мускулатуры всего туловища и конечностей. Это результат распространения, иррадиации возбуждения по нервной системе.

В последующем периоде утробного развития иррадиация возбуждения уменьшается, и рефлекторные движения из распространенных становятся ограниченными.

**Рефлекторные движения новорожденного.** По сравнению со взрослыми людьми возбуждение у новорожденных иррадирует значительно больше, и они производят, кроме координированных движений, например сосания, общие движения мышц туловища, головы, рук и ног. Постепенно у детей развиваются точные, координированные местные движения, что связано с миэлинизацией нервных путей. Миэлинизация начинается на 4—5-м месяце утробной жизни и заканчивается в основном на 3-м году после рождения. Наряду с миэлинизацией в развитии координации движений участвует постепенно совершенствующееся торможение.

Новорожденный и грудной ребенок почти никогда, кроме сна, не бывает полностью неподвижным. Он производит общие движения, двигает головой. Его движения беспорядочны и некоординированы. Сгибание и разгибание рук и ног новорожденного подобны его утробным движениям. Рефлекторная возбудимость новорожденного меньше, чем в позднейшие периоды развития. Даже во сне новорожденный двигается примерно через каждые 5 минут. Первый выдох, крик, чихание, кашель являются рефлекторными движениями. Через 2—3 дня после рождения появляется рефлекторное вздрагивание. Крик и оборонительные рефлекторные движения тела, рук и ног при болевых раздражениях наступают уже в первый день рождения.

Сосание является одним из первых координированных движений. Оно вызывается прикосновением к губам и передней части языка. При поглаживании щеки около рта новорожденный поворачивает голову в сторону раздражения. У новорож-



денного имеются следующие двигательные рефлексы: тонический рефлекс рук — он схватывает и прочно держит предмет, которым прикасаются к внутренней стороне ладони, рефлекс охватывания, вызываемый похлопыванием по ягодицам, рефлекс ползания, рефлекс спинного хребта — дугообразное изгибание тела при поглаживании кожи спины между позвоночником и лопатками. У детей до 1—2 лет имеется рефлекс Бабинского, свидетельствующий о недостаточном функционировании коры больших полушарий, — тыльное сгибание большого пальца стопы и подошвенное сгибание остальных пальцев при раздражении кожи внутренней поверхности стопы (рис. 11).



Рис. 11. Рефлекс Бабинского.

У новорожденного есть глазной рефлекс — сужение зрачков, замыкание век и откидывание головы назад при резком свете, а также и другие рефлексы, которые сохраняются в течение всей жизни: глотательный, коленный, ахиллов, роговичный, зрачковый и др. Все эти рефлексы являются врожденными, безусловными.

**Развитие условных двигательных рефлексов перемещения в пространстве.** При рождении у ребенка имеются только основные безусловные двигательные и другие рефлексы, которые уже с 1 дня после рождения начинают изменяться и формироваться под воздействием новых, приобретенных условных рефлексов, образующихся в соответствии с условиями жизни. На основе безусловных рефлексов, имеющих при рождении, образуются сложнейшие сочетания условных и безусловных рефлексов.



С возрастом формируются важнейшие двигательные рефлексы перемещения тела в пространстве (ходьба, бег и др.), вырабатываются и развиваются двигательные рефлексы, обеспечивающие выполнение устной и письменной речи, образуются условные рефлексы, регулирующие работу внутренних органов.

Если жизнь ребенка, у которого имеются только безусловные рефлексы, невозможна без ухода окружающих, то с образованием условных двигательных рефлексов и двигательных навыков ребенок приобретает способность производить самостоятельные движения, соответствующие изменениям условий жизни.

Условные двигательные рефлексы образуются у новорожденных в первые дни жизни. Однако ввиду недостаточного развития нервной системы, тонуса и сократимости скелетной мускулатуры, безусловные и условные рефлекторные движения кратковременны, неустойчивы и не координированы, за исключением сосания, глотания и отдергивания конечностей при болевых раздражениях.

Первыми или вторыми образуются либо слуховой, либо вестибулярный условные двигательные рефлексы, затем зрительный и, наконец, кожно-тактильный. Обонятельные и вкусовые условные двигательные рефлексы вырабатываются на 2-м месяце. Двухмесячный ребенок поворачивает голову в сторону звука, хорошо приподнимает голову и в течение 1,0—1,5 минут удерживает ее в вертикальном положении. В этом возрасте он может, не подгибая ног, стоять при поддержании, удерживает предметы всей рукой. В 1—2 месяца у него появляются улыбка и смех.

В первые 2—3 месяца жизни у детей повышены тонус сгибательных мышц, а также возбудимость скелетной мускулатуры при механических раздражениях; возбудимость при электрических раздражениях понижена. В 2 месяца ребенок начинает держать голову.

В 3 месяца ребенок свободно держит голову, лежит на животе и, опираясь на локти, может приподнимать туловище.

В 4—6 месяцев у ребенка постепенно возникают координированные движения хватания видимых предметов и ощупывания. Первое произвольное движение — хватание. В 4—6 месяцев ребенок хватает, гладит и удерживает предметы; приподнимаясь на руках, опирается только на ладони. Его движения становятся целенаправленными.

В 5 месяцев ребенок в каждой руке удерживает по предмету 20—30 секунд; хватает предметы и тащит их в рот. При поддержании он стоит прямо. В 5—6 месяцев ребенок сидит без поддержки, пытается ползать, при поддержании делает первые попытки переступить ногами, переворачивается с живота на спину.



В 7 месяцев ребенок самостоятельно сидит, поднимается на четвереньки, при поддерживании хорошо переступает.

В 8 месяцев ребенок самостоятельно садится, встает, удерживаясь за окружающие предметы, делает попытки ходить.

В 9 месяцев ребенок пытается стоять без опоры и ходить за стулом, при поддерживании хорошо ходит, садится из вертикального положения, собирает мелкие предметы.

В 10 месяцев поднимается и стоит без опоры, хорошо ходит за стулом, делает попытки ходить при поддержке за одну руку, двумя руками берет мелкие предметы.

В 11—12 месяцев при поддерживании за одну руку хорошо ходит, пытается ходить без поддержки, приседает без опоры. На 2-м году жизни ребенок ходит, взбирается по лестнице, закрывает дверь.

В образовании и развитии условных двигательных рефлексов у детей и формировании двигательных навыков особую роль играют раздражения проприоцепторов, возникающие при их движениях, и сочетания проприоцептивных раздражений с кожными, зрительными и слуховыми, например при пассивных движениях рук во время еды, одевания, умывания и т. д.

Чем моложе возраст ребенка, тем больше продолжительность сохранения у него условных рефлексов.

#### **8. ОБРАЗОВАНИЕ У РЕБЕНКА ПЕРВЫХ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСЛОВНЫХ РЕФЛЕКСОВ**

**Положительные и отрицательные условные рефлексы.** Положительным условным рефлексом называется такой рефлекс, при котором в головном мозге при действии условного раздражителя возникает возбуждение. На действие условного раздражителя организм отвечает движениями или деятельностью ранее не функционировавшего внутреннего органа, например секретацией слюны.

Отрицательным условным рефлексом называется такой рефлекс, при котором в головном мозге при действии условного раздражителя возникает торможение. Поэтому при действии условного раздражителя происходит задерживание производства движений или появления деятельности ранее не функционировавшего внутреннего органа, а деятельность функционирующего внутреннего органа уменьшается или прекращается. Торможение, возникающее при отрицательных условных рефлексах, называется условным, внутренним.

**Внутриутробное формирование анализаторов.** Уже в утробном периоде у ребенка часть анализаторов больших полушарий достигает развития достаточного для образования положительных условных рефлексов.



Кожный анализатор формируется в первые недели утробного развития. Затем формируется слуховой анализатор, который уже на 32-й неделе вызывает возбуждение, иррадирующее по всей нервной системе, а на 34-й неделе вызывает торможение, также широко иррадирующее. В дальнейшем формируется зрительный анализатор. Слуховой и зрительный анализаторы значительно опережают в своем развитии кожный анализатор.

Новорожденные с первых часов жизни воспринимают не только сильные и частые тональные звуки, но и звуки разговорной речи. У новорожденных детей звуки даже умеренной громкости тормозят сосательные движения. По мере повторения реакции на звук угасают. Следовательно, уже у новорожденных нервная система обладает способностью приспособления к изменениям внешнего мира.

Слуховой анализатор новорожденного различает звуки по качеству, высоте, тембру, громкости и по направлению. Следовательно, слух является врожденной функцией человека. Однако у грудных детей пространственный слух развит меньше, чем у взрослых. С возрастом пространственный слух становится более тонким.

У недоношенных детей условный слуховой рефлекс образуется еще до срока нормального окончания беременности. У недоношенных на 2,5—3 месяца образуется стойкий условный рефлекс на дуновение в глаза.

**Образование у ребенка пищевых условных двигательных рефлексов.** Первые условные двигательные пищевые рефлексы образуются у новорожденных в первый день жизни в зависимости от адекватности условных и безусловных раздражителей. Условный сосательный рефлекс на тактильное раздражение кожи (вне безусловной рефлексогенной зоны) можно образовать в 1-й день жизни (А. И. Бронштейн).

У нормального здорового новорожденного в возрасте около 2 недель (10—14 дней), если взять его на руки в положение кормления, появляются пищевые реакции еще до кормления. Он делает боковые повороты головы, раскрывая при этом рот, и затем начинает производить сосательные движения (В. М. Бехтерев и Н. М. Щелованов). Это условный рефлекс на комплексный натуральный раздражитель рецепторов пищеварительного канала и двигательного анализатора. В. М. Бехтерев (1918) отмечал, что это условный рефлекс на раздражение рецепторов желудка. Этот рефлекс образуется с началом кормления ребенка молоком матери. Когда губы ребенка соприкасаются с грудью матери, его рот орошается ее молоком. Захваченная губами грудь возбуждает врожденный рефлекс сосания. В результате удовлетворяется потребность в еде, начавшаяся благодаря раздражениям рецепторов в области же-



лудка и рта. С этого момента при наступлении голода укрепляется условный рефлекс между раздражениями желудка и рта и запахом и видом груди и видом самой матери, как источника молока, удовлетворяющего потребность в еде. Образование условных рефлексов с разных внешних анализаторов обнаруживается обычно с конца второй недели или с начала 2-го месяца.

Образование первых условных пищевых двигательных рефлексов у новорожденных зависит от функционального состояния пищевого центра. Когда новорожденный получил достаточно молока, пищевой центр не функционирует и вызвать сосание вкладыванием соски в рот невозможно. Если он не получил достаточно молока, тогда пищевой центр функционирует и сосание происходит. В таких условиях оно прекращается при действии света и звука уже через 12—16 часов после рождения.

Натуральные условные пищевые рефлексы образуются у новорожденных в пределах первых суток жизни. Исключительное значение для их возникновения имеет начало кормления новорожденного грудью матери.

Если новорожденные кормились грудью матери через 20—30 минут после рождения, то условные пищевые рефлексы на прикосновение к коже и на перемещения головы, туловища, рук и ног (на тактильные, проприоцептивные и вестибулярные раздражения) образовывались уже в первые сутки после 2—3-х подкреплений и были отчетливо выражены на 2-й день жизни.

Когда новорожденные кормились грудью матери через 12 часов после рождения, то первые условные рефлексы на те же раздражения образовались у них на 6—8-й день жизни.

Когда новорожденных начинали кормить грудью через 16—20 часов после рождения, то такие же условные рефлексы образовались только на 10—12-й день жизни (И. А. Аршавский).

Пищевой условный рефлекс образуется у новорожденных раньше и быстрее защитного условного рефлекса. Отрицательные пищевые условные рефлексы образуются в течение первых 4-х месяцев жизни на 0,5—1 месяц позже, чем отрицательные защитные рефлексы. К 5—7 месяцам эта разница в образовании отрицательных условных рефлексов сглаживается.

У новорожденных на 7—8-й день обнаруживаются условные рефлексы — повышение газообмена и лейкоцитоз незадолго до приема пищи.

На свет и звук условные пищевые двигательные рефлексы образуются на 7—9-й день после рождения. Условные пищевые сосательные рефлексы на звонок образуются после нескольких десятков подкреплений на 10—12-й день и становятся прочными на 18—20-й день. При пищевом возбуждении одно-



временно с двигательной реакцией увеличивается тонус скелетной мускулатуры, изменяется ритм сокращений сердца и дыхания (в большинстве случаев учащается), расширяются капилляры кожи. Такие же изменения вегетативных функций наблюдаются при достаточно сильном действии света и звука. При пищевом возбуждении и при даче новорожденному соски во время бодрствования у него возникает специфическая биоэлектрическая активность головного мозга, которая служит доказательством функционирования коры головного мозга. Во время сна биоэлектрическая активность изменяется уже в первые дни жизни.

**Развитие и укрепление условных рефлексов у новорожденных.** В течение первых 3—4-х недель жизни образование условных рефлексов ограничено коротким временем бодрствования и требует большого числа подкреплений безусловным раздражителем.

Условные рефлексы, выработанные в течение 1-го месяца жизни, очень неустойчивы и появляются только при некоторых сочетаниях.

Чем моложе ребенок, тем больше подкреплений безусловным рефлексом необходимо для образования устойчивого условного рефлекса.

К концу 2-го месяца ребенок дифференцирует значительно отличающиеся друг от друга условные раздражители.

На 3-м месяце ребенок узнает чужих и знакомых.

Условные сосудистые рефлексы детей на свет и звук до 3-х месяцев образуются медленно и отличаются большим непостоянством. С 4-х месяцев эти рефлексы образуются быстрее. У детей до 3-летнего возраста пищевые двигательные условные рефлексы образуются быстрее сосудистых условных и отличаются большей стойкостью. У детей 6 месяцев вырабатываются отрицательные (тормозные) рефлексы.

При действии условных раздражителей, отличающихся по качеству или интенсивности от условных раздражителей, вызывающих условные двигательные рефлексы, они не производят движений, задерживают, прекращают уже начавшееся, производимое движение.

Ребенок 6 месяцев легко и точно различает запахи, механические, температурные и проприоцептивные раздражения. Анализ слуховых раздражений еще недостаточен. Зрительные условные раздражения ребенок хорошо различает. Уже на 1-м году жизни ребенок различает форму и движения предметов, а также различные цвета.

На выработку условных двигательных рефлексов детей большое влияние оказывает состояние здоровья. Даже незначительные нарушения пищеварения могут нарушить высшую нервную деятельность.



**Развитие и укрепление условных рефлексов у дошкольников.** У детей в возрасте 1,4—2 лет условные двигательные рефлексы на одиночные раздражители быстро образуются и сразу становятся прочными. Временные нервные связи между двумя индифферентными раздражителями легко образуются. К 2,5 годам значительно совершенствуется высшая нервная деятельность — легко образуются простые и сложные условные рефлексы и быстро укрепляются, а при неподкреплении быстро угасают. Имеются некоторые индивидуальные колебания.

Условные рефлексы образуются у детей как на раздражения внешних органов чувств, так и на раздражения рецепторов внутренних органов. Они быстро укрепляются и становятся автоматизированными.

Условные рефлексы вырабатываются у детей не только на разные раздражители, но и на разные интенсивности одного и того же раздражителя.

В лаборатории Л. А. Орбели обнаружено, что чем моложе возраст ребенка, тем больше продолжительность сохранения выработавшихся у него условных рефлексов.

## **9. ОБРАЗОВАНИЕ У ДЕТЕЙ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАВЫКОВ**

**Роль сознания в образовании у детей двигательных навыков.** В образовании и развитии двигательных навыков у детей при участии речи особенную роль играют одновременные раздражения рецепторов двигательного аппарата, например при пассивных движениях рук во время одевания, умывания и т. п. в сочетании со зрительными и слуховыми раздражениями и обучением посредством слов.

Овладение школьниками новыми двигательными навыками является целенаправленным, сознательным, требует с их стороны волевых усилий, сознательной активности, обдуманных действий, произвольного внимания, воображения и мышления, запоминания и воспроизведения. Волевые, сознательные действия имеют материальные причины, они определяются общественно-историческими условиями жизни и основаны на знании законов природы и общества. Именно поэтому обучение труду и физическим упражнениям является средством воспитания воли, ее силы, инициативы, решимости, самообладания, смелости, настойчивости, терпения и выносливости, дисциплинированности. Оно производится при активном участии сознания, в процессе обучения и воспитания.

Сознание формируется на основе ощущений, возникающих в головном мозге при раздражении экстеро- и проприоцепторов.

Следовательно, формирование трудовых, спортивных и других навыков у детей определяется не только физиологическими, но прежде всего



и психическими факторами. Поэтому люди выполняют произвольные движения.

Важная особенность навыков, произвольных движений людей состоит в том, что они могут сохраняться в течение всей жизни. Как известно, условные двигательные рефлексы у животных угасают, исчезают, если прекращается их подкрепление безусловными рефлексами.

Скорость образования двигательных навыков зависит прежде всего от сознательности, от понимания цели и значения вырабатываемых навыков, отношения обучаемого, его интереса, обдумывания, как правильнее и лучше производить определенные движения. Скорость образования навыка зависит также от степени его сложности, от типа нервной системы, ее функционального состояния в момент выработки навыка, от методов обучения.

У школьников двигательные навыки скорее образуются и раньше становятся прочными при подкреплении движения словом «правильно». В среднем школьном возрасте значение подкрепления словом еще более возрастает. Переделка сигнального значения условных раздражителей также облегчается второй сигнальной системой.

Для скорости образования двигательных навыков решающее значение имеет возраст, так как для образования определенных двигательных навыков требуется соответствующее умственное и физическое развитие. Например, ремесленно-технические двигательные навыки быстро усваиваются в среднем школьном возрасте благодаря достаточному развитию мышления и физическому развитию. В старшем школьном возрасте хорошо выполняются скоростные физические упражнения, так как благодаря большой подвижности психического и нервного процессов происходит быстрое включение и осуществление двигательных и вегетативных рефлексов. Кроме того, уже имеется достаточная выносливость.

Автоматизация двигательных навыков. Выполнение без участия сознания сложных двигательных навыков свидетельствует о полном овладении ими, и в этом случае двигательные навыки обозначаются как автоматизированные. Двигательные навыки совершенствуются и автоматизируются в процессе многократного выполнения физических упражнений. В автоматизации двигательных навыков решающая роль принадлежит двигательному, кинестетическому анализатору.

Еще И. М. Сеченов обращал внимание на то, что ходьба расстраивается несравненно больше от потери мышечного чувства, чем от потери осязания. Он же отмечал, что в осуществлении движений самую главную роль нужно приписать мышечному чувству, несмотря на его темноту, а самую меньшую — зрению, несмотря на его определенность.



И. П. Павлов подчеркивал, что импульсы из рецепторов двигательного аппарата в значительнейшей их части идут в нижние отделы головного мозга и при обыкновенных условиях совершенно не дают себя знать большим полушариям. Благодаря притоку центростремительных импульсов из двигательного аппарата — из проприоцепторов и из вестибулярного аппарата — нервная система рефлекторно саморегулирует и уточняет движения. В результате этой обратной информации рефлекторно регулируется положение тела в пространстве, преодоление силы притяжения Земли и производство всех движений: трудовых, спортивных, бытовых и др.

На основании этого очень важного положения И. П. Павлова следует считать, что осознается только некоторая часть движений, а значительнейшая их часть не осознается. Кроме того, далеко не все проявления нервного процесса в больших полушариях осознаются. Установлено, например, что у людей условные рефлексы могут быть образованы и при отсутствии ощущений, когда интенсивность раздражения органа чувств ниже порога его восприятия (Г. В. Гершуни).

Высшая нервная деятельность может совершаться большими полушариями головного мозга человека и в то время, когда они находятся в состоянии пониженной возбудимости или известной степени торможения. Тогда высшая нервная деятельность не осознается.

И. П. Павлов писал: «Такой важный корковый акт, как синтезирование, может совершаться и в частях полушарий, находящихся в известной степени торможения под влиянием преобладающего в коре в данный момент сильного раздражения. Пусть этот акт тогда не сознается, но он произошел — и при благоприятных условиях может обнаружиться в сознании готовым и представляться как возникший неизвестно как»<sup>1</sup>.

Следовательно, овладение двигательными навыками совершается как при участии сознания, так и без участия сознания (автоматически). Также происходит и осуществление выработанных двигательных навыков.

На это обращал внимание еще И. М. Сеченов. Он считал, что все элементарные формы движений рук, ног, головы и туловища, равно как все комбинированные движения, заучиваемые в детстве, — ходьба, беганье, речь, движения глаз при смотре-нии и пр., становятся подчиненными воле уже после того, как они заучены.

Более того, автоматическое, бессознательное выполнение физических упражнений свидетельствует о полном овладении ими, о большом совершенстве. Это очень важно. Это хорошо известно выдающимся спортсменам.

<sup>1</sup> И. П. Павлов, Полное собрание трудов, т. IV, стр. 433.



Если двигательные навыки в течение долгого времени не применяются, то наступает их деавтоматизация, которая проявляется в том, что их выполнение вновь требует внимания и обдумывания и в том, что они осуществляются менее совершенным образом. Деавтоматизация основана на угашении временных нервных связей.

#### 10. ОРИЕНТИРОВОЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РЕФЛЕКСЫ

В первые месяцы жизни детей внешний раздражитель вначале при первых раздражениях не вызывает заметных изменений поведения (индифферентная фаза). Затем появляются ориентировочные движения при появлении новых раздражителей или предметов внешнего мира — ориентировочно-исследовательские безусловные рефлексы (ориентировочная фаза).

После ориентировочной фазы появляется торможение движений при действии внешнего раздражителя. Это торможение возникает в результате индукции. В больших полушариях при действии внешнего раздражителя создается очаг возбуждения в соответствующем анализаторе (слуховом, зрительном, кожном и др.), а вокруг этого очага возникает торможение, которое распространяется на двигательный анализатор (тормозная фаза). Во время этой фазы образуется замыкание или временная нервная связь между анализатором так называемого индифферентного раздражителя и анализатором безусловного раздражителя.

Уже у грудных детей продолжительность тормозной фазы меньше, чем у животных.

Простейшие безусловные ориентировочные рефлексы имеются у новорожденных уже в первые дни после рождения.

Условные ориентировочные рефлексы появляются на 2—4-м месяце жизни. Позднее они легко образуются и играют большую роль в поведении ребенка. С появлением речи во второй половине 1-го года условным раздражителем ориентировочного рефлекса становится слово.

Образование условных ориентировочных рефлексов изучалось у детей в лабораторных условиях.

Например, у дошкольников (5 лет) и школьников (9—10 лет) звук звонка 4—5 раз сочетался в течение нескольких сотых секунды с экспозицией изображений предметов сбоку от испытуемых, вызывавшей поворот головы в сторону мелькавшего изображения предмета, т. е. ориентировочный рефлекс. После этих сочетаний звонок вызывал этот ориентировочный рефлекс раньше появления изображений предметов. Следовательно, у детей образовался ориентировочный условный рефлекс на звонок (А. Г. Иванов-Смоленский, 1927).



Замена звука звонка, вызывающего ориентировочный условный рефлекс, произнесением слова «звонок», вызывает у детей тот же двигательный ориентировочный рефлекс.

Безусловные ориентировочные двигательные рефлексы, возникающие у детей при действии индифферентных раздражителей, одновременно вызывают у них изменения работы сердца и кровеносных сосудов. У детей 2—3 лет при ориентировочном двигательном рефлексе происходит расширение кровеносных сосудов. У детей младшего возраста (3—5 лет) ритм сердцебиений преимущественно учащается, а у детей старшего возраста (11—16 лет) — замедляется. В этом случае у детей младшего возраста изменения сердечной деятельности отличаются большей стойкостью.

## 11. ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ И ТОРМОЖЕНИЯ

**Иррадиация и концентрация возбуждения.** У здоровых детей (дошкольников и школьников) при действии условного раздражителя, вызывающего условный положительный рефлекс, возбуждение возникает в больших полушариях в области того анализатора, на который действует данный условный раздражитель. В периоде образования условного рефлекса возбуждение распространяется, иррадирует на ближайшие нейроны данного анализатора и соседних анализаторов. Затем, после образования и упрочения условного рефлекса генерализация или иррадиация возбуждения из очага условного раздражителя в больших полушариях строго ограничена; обычно она находится в пределах области того анализатора, который приходит в состояние возбуждения при действии условного раздражителя.

Например, если у здорового ребенка образовать условный рефлекс на тон, то условный рефлекс вызывают и другие тоны, близко расположенные от того тона, который является условным раздражителем (диффузная иррадиация). Грубые шумы, зрительные, кожные и другие раздражители не вызывают условного рефлекса.

Чем прочнее становится условный рефлекс, тем более резко уменьшается иррадиация возбуждения и даже ближайшие тоны перестают вызывать условный рефлекс (концентрация возбуждения).

Степень иррадиации возбуждения зависит от уровня развития в филогенезе и в онтогенезе корковой области данного анализатора. У грудных детей иррадиация возбуждения значительно шире, чем у дошкольников. Возбуждение у дошкольников неустойчиво, что объясняет легкую смену очагов воз-



буждения, подвижность и неустойчивость внимания дошкольников. У дошкольников было обнаружено, что при образовании условного двигательного рефлекса на движение правой руки такой же условный рефлекс обнаруживается при действии условного раздражителя без предварительного обучения и на левой руке. Это пример избирательной иррадиации, или избирательного, элективного двигательного обобщения (А. Г. Иванов-Смоленский). Оказалось, что чаще и резче всего такое элективное обобщение встречается у дошкольников (5 лет) и детей младшего школьного возраста в периоде образования условного двигательного рефлекса, а затем по мере упрочения условного двигательного рефлекса возбуждение концентрируется в нейронах больших полушарий, вызывающих сокращение мышц правой руки, и иррадиация возбуждения в нейроны, вызывающие сокращение мышц левой руки, прекращается. Поэтому движения становятся точными, четкими, дифференцированными. У школьников среднего и старшего возраста элективное двигательное обобщение встречается гораздо реже, чем у младших школьников.

**Иррадиация и концентрация торможения.** Возбуждение и торможение являются двумя фазами единого нервного процесса<sup>1</sup>. Поэтому торможение, возникающее в больших полушариях при действии условного раздражителя, вызывающего отрицательный условный рефлекс, также вначале захватывает ограниченную область данного анализатора, а затем иррадирует на соседние нейроны. По мере упрочения условного отрицательного рефлекса оно концентрируется в пункте своего возникновения. В периоде иррадиации торможение, как и возбуждение, также распространяется не только диффузно, но и избирательно, элективно.

Следует напомнить, что торможение имеет особое значение в деятельности головного мозга. Во-первых, во время торможения нейронов головного мозга в них происходят восстановительные процессы и они становятся способными вновь придти в состояние возбуждения. Следовательно, торможение предохраняет нейроны головного мозга от истощения рабочих потенциалов и от последующего разрушения этих нейронов при длительном их возбуждении. И, во-вторых, согласованная, координированная деятельность нейронов головного мозга возможна только при условии, когда одни нейроны находятся в состоянии возбуждения, а другие нейроны в это же время заторможены, что исключительно важно в обучении и воспитании детей.

<sup>1</sup> См.: Н. Е. Введенский, Избранные произведения, ч. II, изд. АН СССР, М., 1951; Его же, Собр. соч., т. IV (первый полутом). Изд. Лен. ун-та, 1935.



Трудовое воспитание детей, их вовлечение в общественно полезный труд, интенсификация процесса обучения в средней школе, обусловленная стремительным ростом науки, возрастанием ее роли в производстве и необходимостью сократить срок обучения, предъявляют высокие требования к деятельности головного мозга подрастающего поколения. В процессе обучения и воспитания все более увеличивается значение ускоренного развития торможения у детей, являющегося физиологической основой выдержки, умения соблюдать этические нормы социального поведения, целеустремленно мыслить и действовать, подавляя все посторонние влияния, мешающие концентрации внимания и целенаправленной деятельности.

При воспитании торможения следует учесть, что чрезмерное торможение при одновременном образовании многих тормозных рефлексов у некоторых дошкольников не только не вызывает апатию и сонливость, но приводит к общему двигательному возбуждению в результате перенапряжения торможения и его срыва, что должно учитываться родителями и воспитателями.

Последовательная, постепенная выработка тормозных рефлексов приводит к тренировке торможения и способствует координации возбуждения и торможения. У дошкольников (5 лет) тормозные условные рефлексy образуются с большим трудом и концентрация торможения происходит значительно медленнее, чем у школьников 8—10 лет. Тренируемость торможения у дошкольников гораздо меньше, чем у школьников (А. Г. Иванов-Смоленский, 1933).

**Взаимодействие возбуждения и торможения.** Вокруг очага возбуждения в нервной системе развивается торможение, и наоборот (одновременная индукция). Возбуждение переходит в торможение, и наоборот (последовательная индукция).

Одновременное возбуждение соседних нейронов при торможении, возникающем в определенной группе нейронов, называется положительной индукцией. А одновременное торможение соседних нейронов при возбуждении, возникающем в определенной группе нейронов, — отрицательной индукцией. Поэтому в больших полушариях все время чередуются очаги возбуждения и торможения. Это обозначается как функциональная мозаика.

Условное, внутреннее торможение никогда не возникает у детей в условиях повышенной возбудимости условнорефлекторных систем, осуществляющих торможение. Условные тормозные рефлексy всегда образовывались в условиях пониженной возбудимости этих систем и оставляли после себя последовательное торможение, сменявшееся последовательным индукционным возбуждением (Н. И. Красногорский).



Последовательное торможение понижает величину положительных условных рефлексов, которые вызываются непосредственно после условного тормозного рефлекса, или обуславливает полное их исчезновение. Оно представляет собой иррадиацию торможения на соседние области больших полушарий.

Примерами последовательного торможения являются те случаи, когда непосредственно после запрещения произвести какое-либо действие, что вызывает торможение, ребенок не реагирует и на слово, вызывающее положительный условный рефлекс.

У здоровых детей последовательное торможение после применения отрицательного условного раздражителя выражено менее резко, чем у животных.

Последовательное торможение наиболее резко выступает в первые дни после образования дифференцировочного торможения. По мере упрочения дифференцировочного торможения оно ослабевает, и продолжительность его уменьшается.

Во многих случаях последовательное торможение непосредственно после прекращения действия тормоза сменяется в результате положительной индукции возбуждением. Это проявляется в увеличении положительных условных рефлексов, которые вызываются после условного тормозного рефлекса. Например, если детям было запрещено проявлять двигательную активность и они длительное время спокойно сидели на общеобразовательном уроке, то сразу после окончания этого урока они могут приходить в состояние сильного двигательного возбуждения при звуке звонка, сигнализирующего о наступлении перерыва между уроками (перемены).

Последовательное торможение после условного тормоза у детей школьного возраста меньше, чем после угашения или дифференцировочного торможения.

При многократном повторении условных раздражителей, вызывающих торможение, у детей развиваются гипнотические фазы и физиологический сон.

У грудных детей торможение иррадирует, распространяется по большим полушариям значительно легче и шире, чем у дошкольников. Вследствие иррадиации торможения они днем легко засыпают.

В младшем школьном возрасте очаги возбуждения более устойчивы, что увеличивает продолжительность внимания.

С возрастом у школьников сила возбуждения и торможения увеличивается, они быстрее и меньше иррадируют, быстрее концентрируются в исходном пункте больших полушарий, что ускоряет и усиливает взаимную индукцию. Это улучшает координацию движений, трудовую и спортивную деятельность, умственную работу, увеличивает продолжительность концентрации внимания.



С 4—6 лет происходит интенсивное развитие условного внутреннего торможения. Поэтому анализаторно-синтетическая деятельность больших полушарий ребенка в этот период значительно усложняется.

## 12. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ РАЗВИТИЯ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОШКОЛЬНИКОВ И ШКОЛЬНИКОВ

**Скорость образования условных рефлексов.** Скорость образования пищевых условных рефлексов зависит от аппетита, т. е. от возбудимости пищевого центра. Например, дача здоровым детям сахара или сладостей перед едой рефлекторно снижает аппетит.

Быстрее образуются условные рефлексы на звуковые, медленнее — на зрительные и кожные и еще медленнее — на тепловые раздражители.

Однако если сила условного раздражителя достигает определенного предела, то происходит замедление образования условного рефлекса.

Условные рефлексы быстрее образуются в том случае, когда условный раздражитель подкрепляется безусловным через 5—30 секунд. У здоровых детей при отсутствии посторонних раздражителей условные рефлексы образуются после 2—10 подкреплений.

Скрытый период условного слюнного рефлекса — примерно 3 секунды и больше, а условного двигательного рефлекса — 0,5—2 секунды. Скрытый период двигательного условного рефлекса уменьшается с возрастом. Чем старше ребенок, тем быстрее, интенсивнее и непродолжительнее происходит условный двигательный рефлекс. Наоборот, чем моложе ребенок, тем медленнее, слабее и продолжительнее совершается условный двигательный рефлекс.

Количество сочетаний индифферентных, безразличных раздражителей с другим индифферентным раздражителем, потребное для образования условного двигательного рефлекса, у дошкольников меньше, чем у школьников.

Условные двигательные рефлексы на конкретные раздражители у детей старшего возраста образуются медленнее, чем у детей младшего возраста.

После насыщения определенным видом пищи вследствие понижения пищевой возбудимости уменьшаются условные пищевые рефлексы при подкреплении только этим видом пищи. Это понижение пищевой возбудимости происходит рефлекторно сразу после принятия пищи, т. е. еще до ее всасывания.

Доказано, что у детей условный рефлекс может образоваться сразу, при первом же применении условного раздражителя в том случае, когда этот раздражитель или условнорефлектор-



ная реакция (двигательная или вегетативная) сходны с условным раздражителем или реакцией ранее образованного условного рефлекса.

Образование новых условных рефлексов происходит тем легче и быстрее, чем моложе ребенок.

В периоде полового созревания образование условных рефлексов у детей замедляется. Вероятно, затрудненное образование новых условных рефлексов в этом периоде зависит от торможения со стороны нейронов полового центра, находящихся в состоянии повышенной возбудимости, т. е. от отрицательной индукции.

**Величина и устойчивость условных рефлексов.** Существенное значение для величины условных рефлексов имеет сила условного раздражителя.

Величина условных рефлексов является наибольшей при определенной оптимальной силе условного раздражителя. Эта оптимальная сила различна у разных детей одинакового возраста. Величина условного рефлекса зависит и от величины безусловного рефлекса, который служит для подкрепления.

Устойчивость условных рефлексов зависит от силы безусловного раздражителя (чем сильнее безусловный раздражитель, тем дольше сохраняется условный рефлекс) и от количества подкреплений (чем дольше подкреплялся условный рефлекс, тем продолжительнее время его сохранения).

Условные речевые рефлексы менее устойчивы, чем условные рефлексы первой сигнальной системы.

Чем старше дети, тем устойчивее условные двигательные рефлексы на непосредственные раздражители внешней среды, тем меньше они подвергаются влиянию внешнего торможения и все более независимы от речевой деятельности, т. е. тем более они автоматизируются.

**Условные рефлексы на время.** Новорожденные уже на 7—8-й день жизни при определенном режиме кормления пробуждаются за несколько минут до начала кормления и производят сосательные и другие двигательные реакции.

Дети школьного возраста в первые три дня опытов образуют условные двигательные рефлексы на время — они способны при задании давать сигналы через определенные промежутки времени (рис. 12).

Условные рефлексы на время образуются у школьников благодаря замыканию импульсов с рецепторов внутренних органов и тканей или с внешних рецепторов со словесными сигналами. Они зависят от типа нервной системы, ее возбудимости, концентрации внимания, тренировки.

Точный отсчет времени без часов имеет большое значение для рациональной организации учебного процесса, трудовой и спортивной деятельности.



Отсчет времени («чувство времени») у школьников длительно совершенствуется. Установлено, что с возрастом «чувство времени» значительно обостряется, достигая относительно постоянных показателей только в старшем школьном возрасте (Л. Б. Губман).

**Следовые условные рефлексы.** Н а л и ч н ы м называется ус-

ловный рефлекс, который появляется во время действия условного раздражителя. Следовым называется условный рефлекс, который появляется после прекращения действия условного раздражителя на след его, сохраняющийся в нервных клетках головного мозга в течение некоторого интервала времени, называемого следовым периодом.

Как пример следовых условных рефлексов можно привести выполнение учениками отсроченных учебных и других заданий, к которым предлагалось им приступить через несколько часов или дней и сдать их точно в указанный срок.

Следовой условный рефлекс появляется в результате образования временной нервной связи между очагом в больших полушариях, сохранившим следы прошлого возбуждения, и очагом возбуждения безусловного рефлекса.

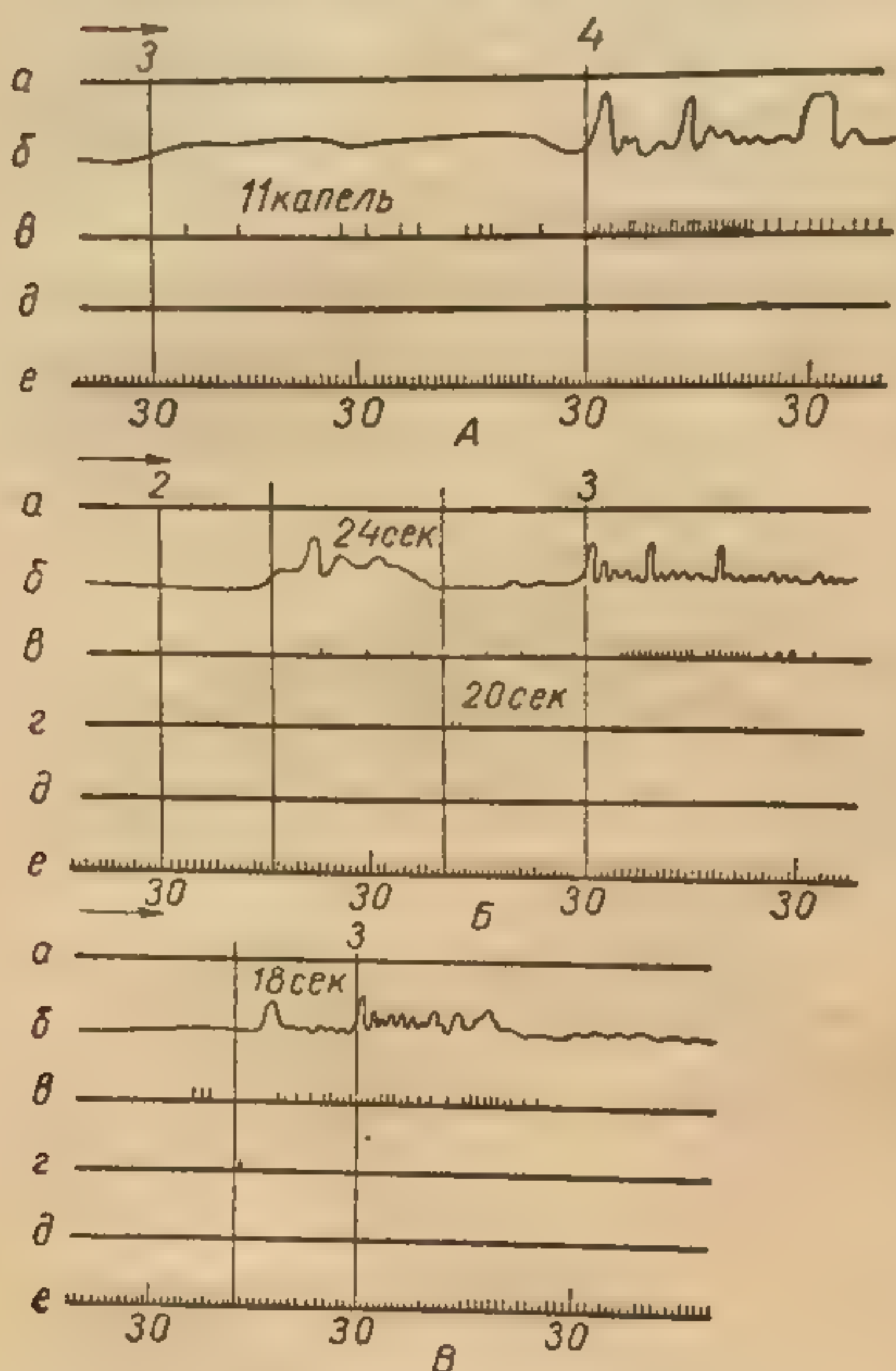


Рис. 12. Условный рефлекс на время при промежутках между подкреплениями в 3 минуты. Девочка 11 лет.

А—17-й день опытов; Б—29-й день; В—30-й день (о Красногорскому); а — минуты; б — двигательный рефлекс; в — секреторный рефлекс; г — сигнал ключом; д — подкрепление; е — время в секундах.

У детей условные следовые рефлексы отличаются быстрым образованием, большой прочностью, высокой специфичностью и чрезвычайной точностью. Например, если образовался условный слуховой рефлекс на следы от звука определенной интенсивности, то следовой рефлекс вызывается только этой интенсивностью звука, а следы других очень близких по интен-



сивности звуков остаются без влияния. В отличие от высших животных, у детей следовые условные рефлексы образуются так же быстро, как и наличные (рис. 13). Они также быстро угасают после прекращения подкрепления, как и наличные. Следовые условные рефлексы образуются у детей только с 5-го месяца — 2-го года жизни.

Образование следовых условных рефлексов основано на развитии условного внутреннего торможения. Это торможение индуцирует возбуждение в соседних участках больших полушарий, которое тем сильнее, чем продолжительнее следовой период. У детей продолжительность следового периода — до нескольких десятков минут. Чем старше дети, тем больше у них продолжительность следового периода. Если наличные условные рефлексы позволяют предварительно реагировать на приближающиеся изменения во внешнем мире, то следовые рефлексы являются еще более совершенным физиологическим механизмом, позволяющим приспособлять поведение

ребенка к отдаленным будущим ситуациям, и играют в его жизни еще большую роль. Например, сигнал о беге при спортивных соревнованиях, как непосредственный условный раздражитель, вызывает повышение тонуса нервной системы, обмена веществ в мышцах, учащение и усиление сердечной деятельности и другие изменения вегетативных функций, позволяющие приступить к бегу в состоянии мобилизационной готовности организма. Ясно, что предупреждение о предстоящем беге, полученное за 15 минут до него, оставляет след в больших полушариях головного мозга и позволяет заранее продумать все этапы предстоящего бега и лучше к нему подготовиться. Следует учесть, что длительное ожидание при большом следовом

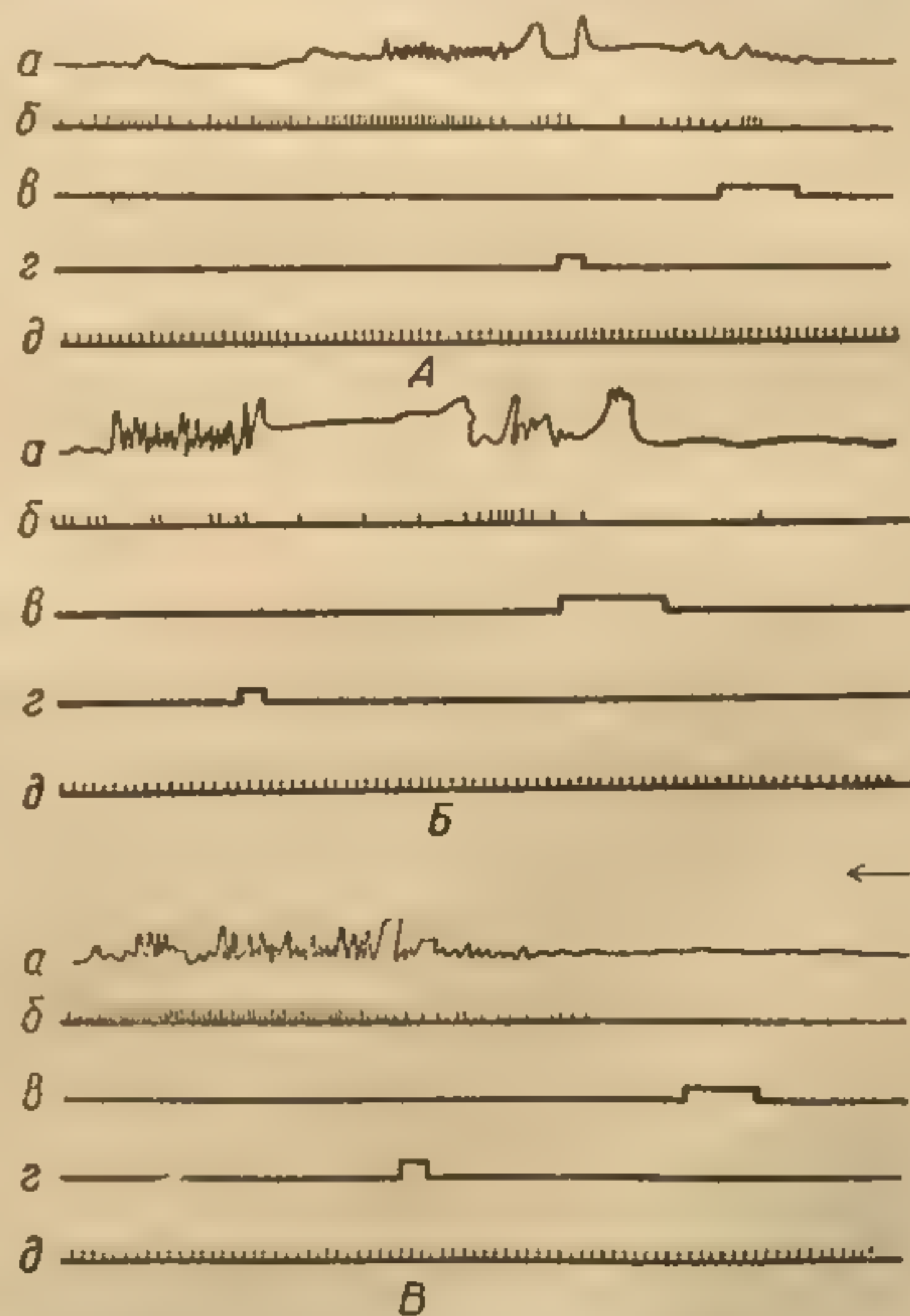


Рис. 13. Следовой условный рефлекс в периоде образования (А), дальнейшая стадия образования (Б), упроченный следовой рефлекс (В) (по Красногорскому):

а — двигательный рефлекс; б — секреторный рефлекс; в — условный раздражитель — звонок; г — пищевое подкрепление; д — время в секундах.



периоде неблагоприятно действует на высшую нервную деятельность детей. Гигиена умственной деятельности требует строгой точности реагирования и отсутствия слишком продолжительного ожидания в осуществлении рефлекторных реакций.

Условнорефлекторная регуляция скорости и величины условных рефлексов. У детей образуются условные рефлексы на действие добавочных условных раздражителей, специально ускоряющих или замедляющих, усиливающих или ослабляющих развитие условных пищевых или двигательных рефлексов на основной условный раздражитель (рис. 14, 15).

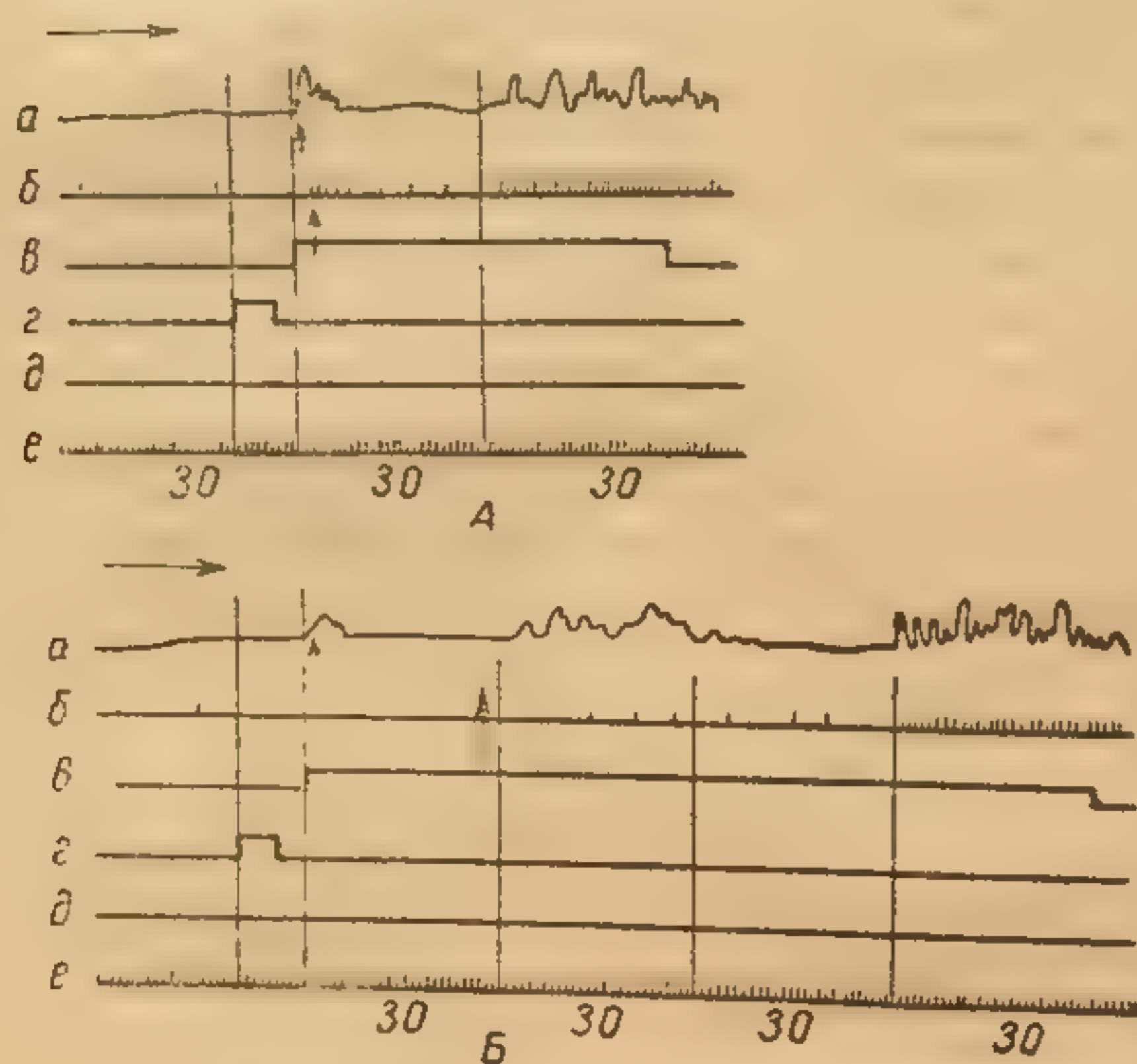


Рис. 14. Условное ускорение (А) и условное замедление (Б). Мальчик 11 лет (по Красногорскому):

а — двигательный рефлекс;  
б — секреторный рефлекс;  
в — условный раздражитель — метроном;  
г — условный ускоритель — красный свет (А) и условный замедлитель — синий свет (Б);  
д — безусловное подкрепление;  
е — время в секундах

У детей происходит также ускорение или замедление, усиление или ослабление условных слуховых и двигательных рефлексов при действии словесных раздражителей — «скорее», «медленнее», «сильнее», «слабее», «много», «мало» (рис. 16).

Действие этих добавочных словесных раздражителей на область анализатора основного условного раздражителя изменяется при наступлении в ней уравнивательной фазы. В этом случае усиливающие и ослабляющие условные раздражители дают один и тот же эффект. В области другого анализатора, которая находится в состоянии оптимальной возбудимости, усиливающие и ослабляющие, увеличивающие и уменьшающие добавочные условные раздражители дают свойственный им эффект.

Следовательно, у здоровых детей области разных анализаторов в больших полушариях находятся одновременно в различных функциональных состояниях; в то время как возбудимость нейронов в одной из них соответствует уравнивательной фазе, в другой области отмечается экзальтационная фаза.



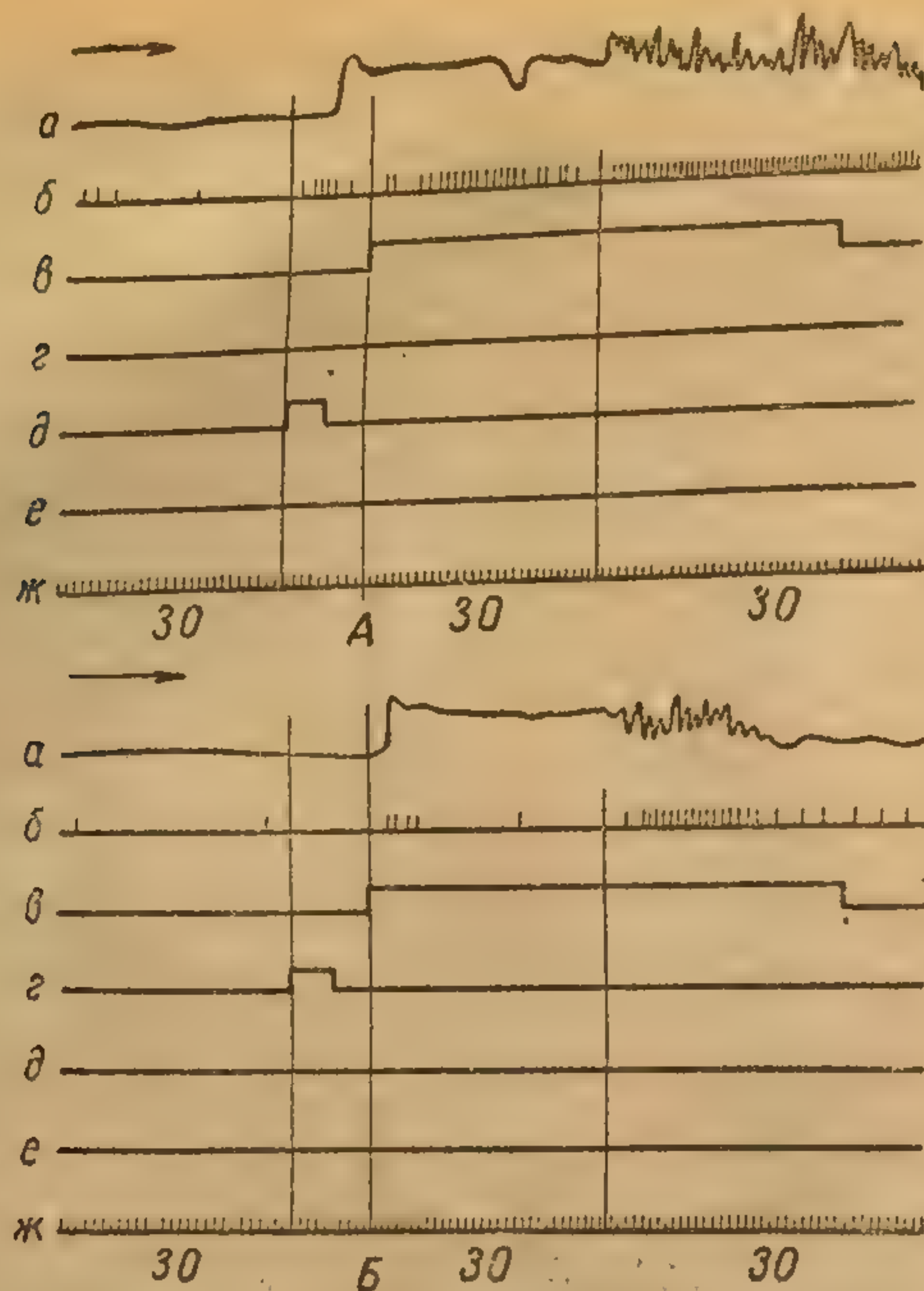


Рис. 15. Следовое действие усиливающего и ослабляющего условных раздражителей. Девочка 12 лет (по Красногорскому).

А — увеличение секреторного рефлекса; Б — уменьшение секреторного рефлекса;  
а — двигательный рефлекс; б — секреторный рефлекс; в — условный раздражитель — метроном; г — условный раздражитель ослабляющий; д — условный раздражитель усиливающий; е — безусловный раздражитель; ж — время в секундах.

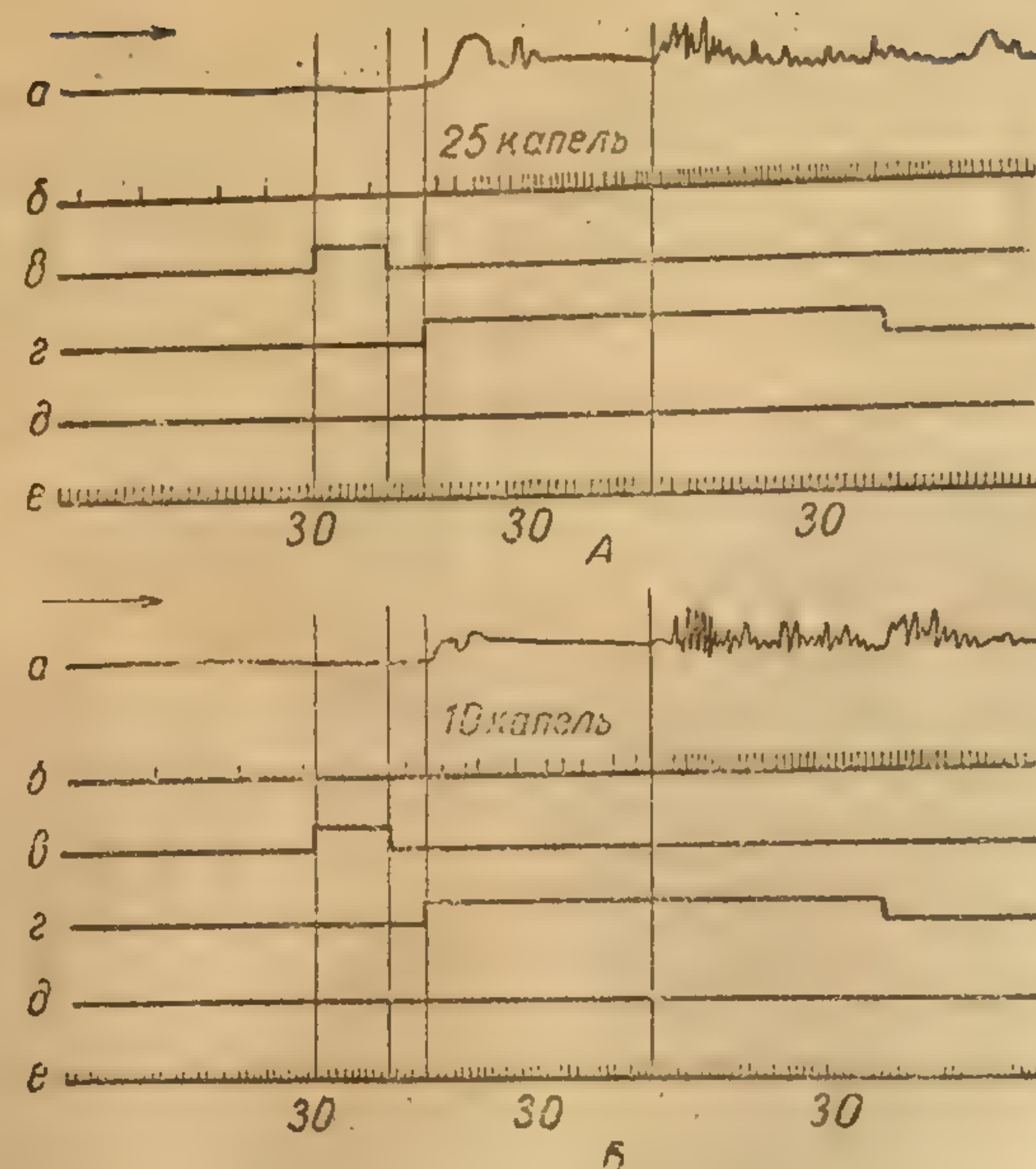


Рис. 16. Величина секреторного рефлекса при действии слова «много» (А) и «мало» (Б) (по Красногорскому):

а — двигательный рефлекс; б — секреторный рефлекс; в — речевой раздражитель; г — условный раздражитель — метроном; д — безусловное подкрепление; е — время в секундах.



**Условные рефлексы высших порядков.** Новые условные рефлексы образуются не только при подкреплении безусловным раздражителем, но и при подкреплении условным раздражителем, который многократно применялся в сочетании с безусловным раздражителем и на него образовался прочный условный рефлекс. Такой рефлекс называется условным рефлексом второго порядка. В отличие от высших животных, у которых образуются условные рефлексы не более как третьего порядка, у детей-дошкольников вырабатывались рефлексы шестого порядка. У школьников образуются условные рефлексы еще более высоких порядков.

Образование условных рефлексов высших порядков лучше обеспечивает соответствие поведения детей к условиям их жизни, чем условных рефлексов первого порядка.

**Суммарные и комплексные условные рефлексы.** Условный рефлекс может быть получен при применении суммарного раздражителя, состоящего из двух и более условных раздражителей, ранее применявшихся в отдельности и порознь подкреплявшихся безусловными раздражителями.

В отличие от суммарного комплексным раздражителем называется сложный раздражитель, состоящий из двух и более индифферентных раздражителей, подкрепляющихся одновременно безусловным раздражителем. В этом случае комплексный раздражитель называется одновременным. Если индифферентные раздражители действуют один за другим и последний из них подкрепляется безусловным рефлексом, то такой комплекс называется последовательным или цепным.

Примером одновременного комплекса является условный рефлекс на всю ситуацию, в которой производится умственная или физическая работа, частью которой является определенный условный раздражитель, сигнализирующий о начале данной работы.

Примером последовательного комплекса является условный рефлекс на слово, состоящее из слогов, или на предложение, состоящее из цепи слов.

Комплексный условный раздражитель может вызывать положительный или отрицательный условный рефлекс. Условные рефлексы на комплексные условные раздражители образуются по тем же законам, как и на одиночные условные раздражители.

При изучении у детей динамических отношений между отдельными раздражителями, составляющими комплексный раздражитель, оказалось, что все они действуют как условные раздражители и наибольшей силой обладают те из них, которые являются физически более сильными и расположены ближе к безусловному раздражителю. Чем больше число условных



раздражителей в комплексе, тем короче время их действия и тем они слабее при изолированном применении.

На один из компонентов комплекса, или раздражителей, входящих в состав комплекса, можно образовать отрицательный условный рефлекс. Другие условные раздражители, составляющие данный комплекс, не будут вызывать торможения.

Комплексные условные рефлексы более развиты у детей, чем у высших животных. Они имеют большое значение в реагировании детей на непосредственные раздражители окружающего мира и особенно на обращенные к ним слова или предложения как комплексные условные раздражители.

У детей 6—8 месяцев условный мигательный рефлекс на комплекс зрительных и слуховых раздражителей образуется так же быстро, как и на одиночные раздражители.

Образование отрицательных условных рефлексов на отдельные (зрительные или слуховые) компоненты комплексного условного раздражителя, при сохранении всего комплекса как условного раздражителя положительных условных рефлексов, является для детей 6—8 месяцев жизни трудной задачей.

При сравнении школьников младшего, среднего и старшего возрастов установлено, что чем старше школьник, тем больше число компонентов условного комплексного раздражителя, на которое он может образовать условный рефлекс.

Быстрота образования условного рефлекса на комплексный раздражитель, состоящий из многих компонентов, больше у школьников старшего возраста, чем у школьников среднего и особенно младшего возраста.

Чем старше школьник, тем быстрее он образует условный рефлекс на комплексный раздражитель одного анализатора и тем быстрее у него происходит переключение с одного условного комплексного раздражителя этого же анализатора на другой комплекс.

С возрастом быстрее и у большего числа школьников одного возраста условный рефлекс образуется на комплексный условный раздражитель одного анализатора (например, слухового) после того, как ранее был образован условный рефлекс на комплексный условный раздражитель другого анализатора (например, зрительного).

Скорость образования и упрочения условных рефлексов на комплексный раздражитель как единое целое увеличивается у детей с возрастом. Например, у детей 7—11 лет условный рефлекс на изолированное применение компонентов комплекса появился более чем в 70% случаев, а у детей 16—17 лет — только в 50% случаев.

Следовательно, в старшем школьном возрасте связь между компонентами комплексного раздражителя прочнее. В конце учебного дня исчезает ответ на слабый компонент комплекса и



нарушается адекватное отражение комплекса и его компонентов в речи ребенка. Это является показателем умственного утомления.

**Динамический стереотип.** Еще более сложной формой условных раздражителей является системность в работе больших полушарий головного мозга, или динамический стереотип.

Если высшая нервная деятельность осуществляется в однообразной, повторяющейся обстановке, то в больших полушариях образуются сочетания очагов возбуждения и торможения, которые все более фиксируются в пространстве (т. е. в определенных участках головного мозга) и во времени и совершаются все легче и автоматичнее. Это заключение И. П. Павлова составляет физиологическое объяснение двигательного динамического стереотипа, как повторяющейся системы движений, составляющей многие трудовые движения и физические упражнения, прежде всего циклического характера (ходьба, бег, плавание и др.), но свойственной также и смешанным и ациклическим упражнениям (например, метание или толкание снаряда). Динамический стереотип образуется, если в течение многих дней в строго определенное время и в одном и том же порядке и с одинаковыми интервалами применяется система условных раздражителей — положительных и отрицательных. Каждый из этих условных раздражителей в соответствии со своей физической силой и жизненным значением вызывает определенный условный рефлекс, величина которого мало изменяется. Постоянное применение одного и того же порядка условных раздражителей приводит к возникновению определенной системы условных рефлексов, определенной последовательности в деятельности разных анализаторов в больших полушариях и подкорковых центрах и определенных временных нервных связей между ними. Образование динамического стереотипа является доказательством того, что условные рефлексы протекают в больших полушариях и подкорковых центрах не изолированно друг от друга, а образуют временные связи друг с другом. Между очагами возбуждения и торможения в больших полушариях и подкорковых центрах образуется определенная нервная связь во времени и в пространстве. Эта связь становится прочной, и поэтому переделка динамического стереотипа производится с трудом. Примерами стереотипа являются учебные занятия по расписанию в школе, в котором уроки следуют в определенном порядке, определенный систематически повторяющийся режим дня, производство трудовых и спортивных движений в определенном повторяющемся порядке.

В возрасте 1,5—3 лет у детей легко происходит последовательное образование многих стереотипов без их изменения. Образование стереотипов с последующей их переделкой для детей этого возраста является значительно более трудной за-



дачей, что проявляется в удлинении сроков их образования. В возрасте 5—6,5 лет последовательное образование многих стереотипов без их изменения происходит быстрее и легче, чем у детей 1,5—3 лет. В старшем дошкольном возрасте образование стереотипов с последующей их переделкой происходит медленнее, чем стабильных стереотипов, но не представляет трудностей для детей. Словесная инструкция о наличии или отсутствии подкрепления не изменяет образование стереотипа у детей до 2,5 лет. Та же словесная инструкция у детей старше 2,5 лет и особенно у детей 5—6,5 лет облегчает образование и переделку стереотипа (Е. И. Дегтярь).

На детях младшего школьного возраста установлено, что при динамическом стереотипе величина условных рефлексов зависит не только от физической силы и жизненного значения условного раздражителя, но и от того места, которое он занимает в стереотипе. Например, если положительный условный раздражитель применять на том месте, где обычно применяется отрицательный раздражитель, то он вызывает не возбуждение, а торможение.

У детей чрезвычайно быстро по сравнению со взрослыми образуются новые стереотипы и восстанавливаются прежние стереотипы.

У детей среднего (12—13 лет) и старшего (15—16 лет) школьных возрастов образование динамического двигательного стереотипа происходит в основном так же, как у младших школьников (7—8 лет), т. е. сначала возбуждение иррадирует, что проявляется в значительной продолжительности движений и в больших колебаниях их амплитуды, а затем оно концентрируется, уменьшается скрытый период и продолжительность движений, выравнивается их амплитуда. Однако чем старше дети, тем быстрее происходит образование двигательного динамического стереотипа и тем раньше он становится прочным.

**Торможение условных рефлексов у детей.** У новорожденных безусловное, внешнее торможение проявляется в длительном физиологическом сне.

Безусловное индукционное торможение появляется у детей при действии посторонних раздражителей внешнего мира и действии нервных импульсов из внутренних органов и тканей. Например, переполнение мочевого пузыря тормозит у детей условные рефлексы. Внешнее торможение зависит от силы постороннего раздражителя (оно больше при действии сильных раздражителей), от прочности условного рефлекса (легче тормозятся новые, еще неустойчивые рефлексы), от возраста ребенка (чем моложе ребенок, тем легче затормаживаются условные рефлексы).

Разновидностью внешнего торможения является **запредельное торможение**, возникающее при действии сверх-



сильных раздражителей. Наступающее при этом возбуждение в результате последовательной индукции переходит в торможение.

Внешнее торможение развивается также при слабых, медленно и длительно действующих раздражениях, при утомлении, истощении нервной системы и при эмоциях.

Во всех этих случаях оно имеет охранительное значение, предупреждая разрушение нервных клеток головного мозга в результате сильного или длительного возбуждения.

Безусловное торможение проявляется в фазовых гипнотических тормозных состояниях. В ряде случаев оно связано с условным, внутренним торможением, которое развивается у детей по мере образования условных рефлексов.

Существуют разновидности внутреннего торможения, хорошо изученные в лаборатории Н. И. Красногорского на детях 10—12 лет.

**Угасание положительных условных рефлексов.** При неподкреплении условного раздражителя положительный условный рефлекс угасает. У здоровых детей через некоторое время (10—15 минут) угашенный условный рефлекс снова появляется даже без подкрепления. Он восстанавливается и при применении другого условного раздражителя, подкрепляемого тем же безусловным раздражителем. Для его восстановления достаточно однократного подкрепления. Угасание условных рефлексов зависит от индивидуальных свойств (типов) нервной системы. Новые рефлексы быстрее угасают, чем старые, прочные рефлексы. У голодных детей условные пищевые рефлексы угасают с большим трудом, чем у сытых.

Торможение при угасании иррадирует и может перейти в физиологический сон. Угасание тренируется. Чем чаще оно образуется, тем быстрее оно возникает при угашении не только данного условного рефлекса, но и при последующем угашении других рефлексов. На угасательном торможении основана способность избавления от ненужных или вредных привычек, когда условный раздражитель, вызывавший ненужное или вредное действие, систематически не подкрепляется.

**Условный тормоз.** Когда индифферентный раздражитель предшествует условному раздражителю, который в этом случае не подкрепляется, он становится условным тормозом, сигналом неподкрепления. У здоровых детей условный тормоз образуется после 2—6 неподкреплений.

У детей условное торможение специфично и дифференцировано. Раздражитель, превращенный в условный тормоз, тормозит только тот условный рефлекс, с которым он связан, а других условных рефлексов он не задерживает (рис. 17).

Другие рефлексы начинают тормозиться в том случае, когда условный тормоз несколько раз сочетался с ними без подкрепления. У здоровых детей двигательные и секреторные рефлексы



быстро и сильно подавляются при действии хорошо упроченного условного тормоза.

Условные тормоза сохраняют свое задерживающее действие в течение месяцев и лет, но быстро перестают действовать, если их комбинация с условным раздражителем начинает подкрепляться. Угашенный условный тормоз у здоровых детей быстро восстанавливается после нескольких неподкреплений, а также с течением времени. Восстановление угашенного условного тормоза происходит медленно и после большего числа неподкреплений, чем при его образовании.

Чем больше выработано условных тормозов, тем легче вырабатываются новые условные тормоза и тем сильнее они тормозят. После условного тормоза развивается последовательное торможение.

После прекращения действия условного тормоза у детей иногда вследствие индукции развивается возбуждение (рис. 18). Это возбуждение проявляется либо в увеличении первого условного рефлекса, следующего за условным тормозом, либо второго условного рефлекса, либо первого и второго. По мере упрочения условного тормоза непосредственная индукция возбуждения у здоровых детей уменьшается, а потом исчезает.

У детей могут быть образованы условные тормозы второго, третьего и более высоких порядков, в том случае когда любой новый индифферентный раздражитель несколько раз совпадал с действием условного тормоза первого или второго и т. д. порядков. Условные тормоза высоких порядков также долго сохраняются и могут быть угашены или восстановлены. Они также вызывают последовательное торможение или последовательную положительную индукцию.

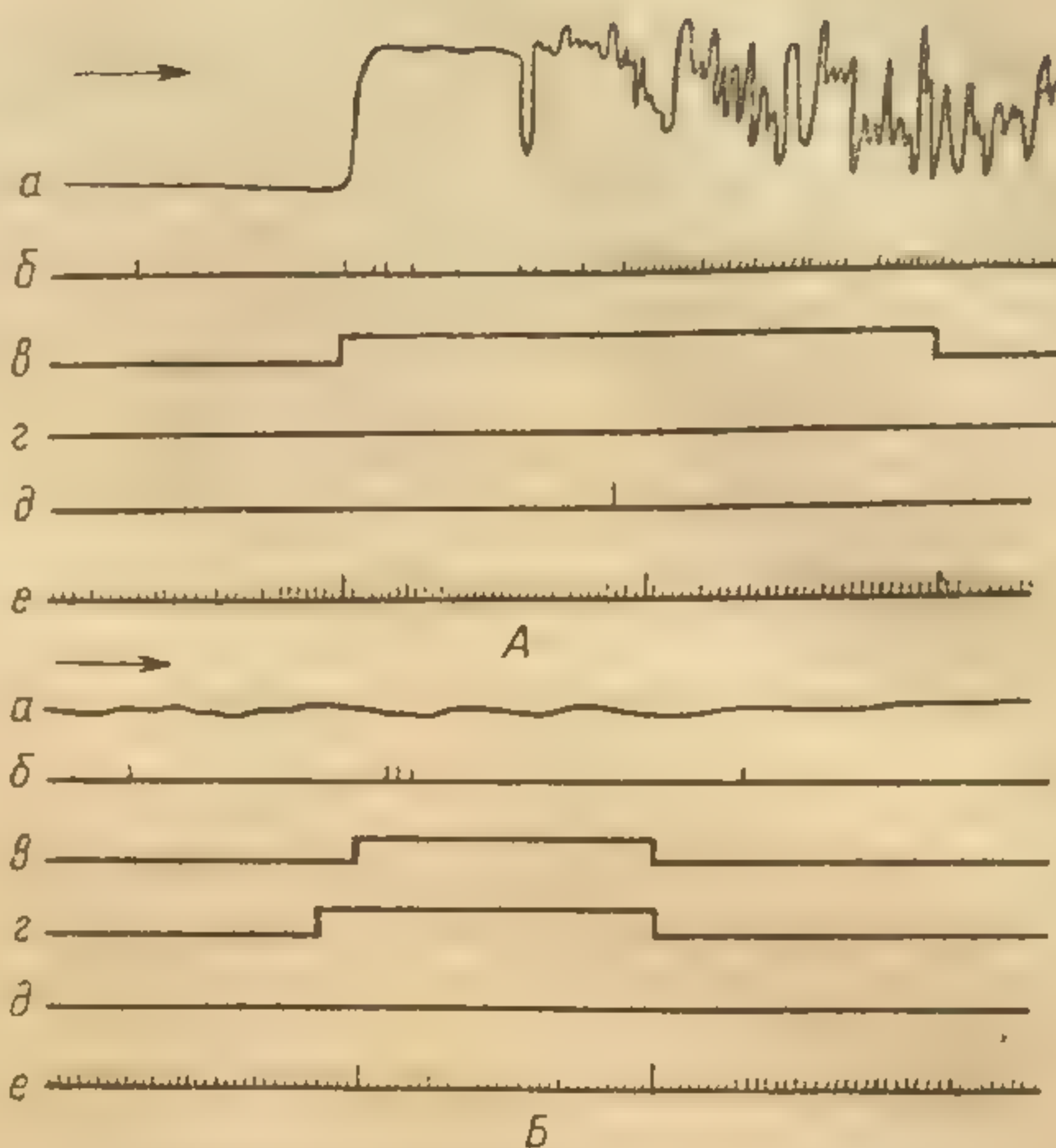


Рис. 17. Условный рефлекс на стук метронома (А) и его задерживание кожномеханическим раздражением (Б) (по Красногорскому):

а — двигательный условный рефлекс; б — секреторный рефлекс; г — метроном; з — кожномеханический раздражитель; д — подкрепление; е — время в секундах.



Например, у ребенка с определенного возраста произнесение слова «нельзя», которое вначале является индифферентным, при сочетании его с непосредственным условным раздражителем, начинает тормозить тот условный рефлекс, который при произнесении этого слова не подкрепляется. Если перед ребенком поставить тарелку с горячей пищей, вид которой действует как натуральный условный раздражитель, вызывающий двигательный пищевой рефлекс, и произнести слово «нельзя», не давая ребенку есть, то после нескольких сочетаний с видом горячей пищи это слово превратится в условный тормоз, прекращающий движение ребенка к пище, когда она горяча. Если в этом случае сочетать слово «нельзя» с ранее индифферентным жестом покачивания головой, то этот жест превратится в условный тормоз более высокого порядка, прекращающий движение ребенка к пище. Вид той же пищи, когда она не горяча, в тех же условиях кормления будет подкрепляться едой и вызывать условные двигательные пищевые рефлексы.

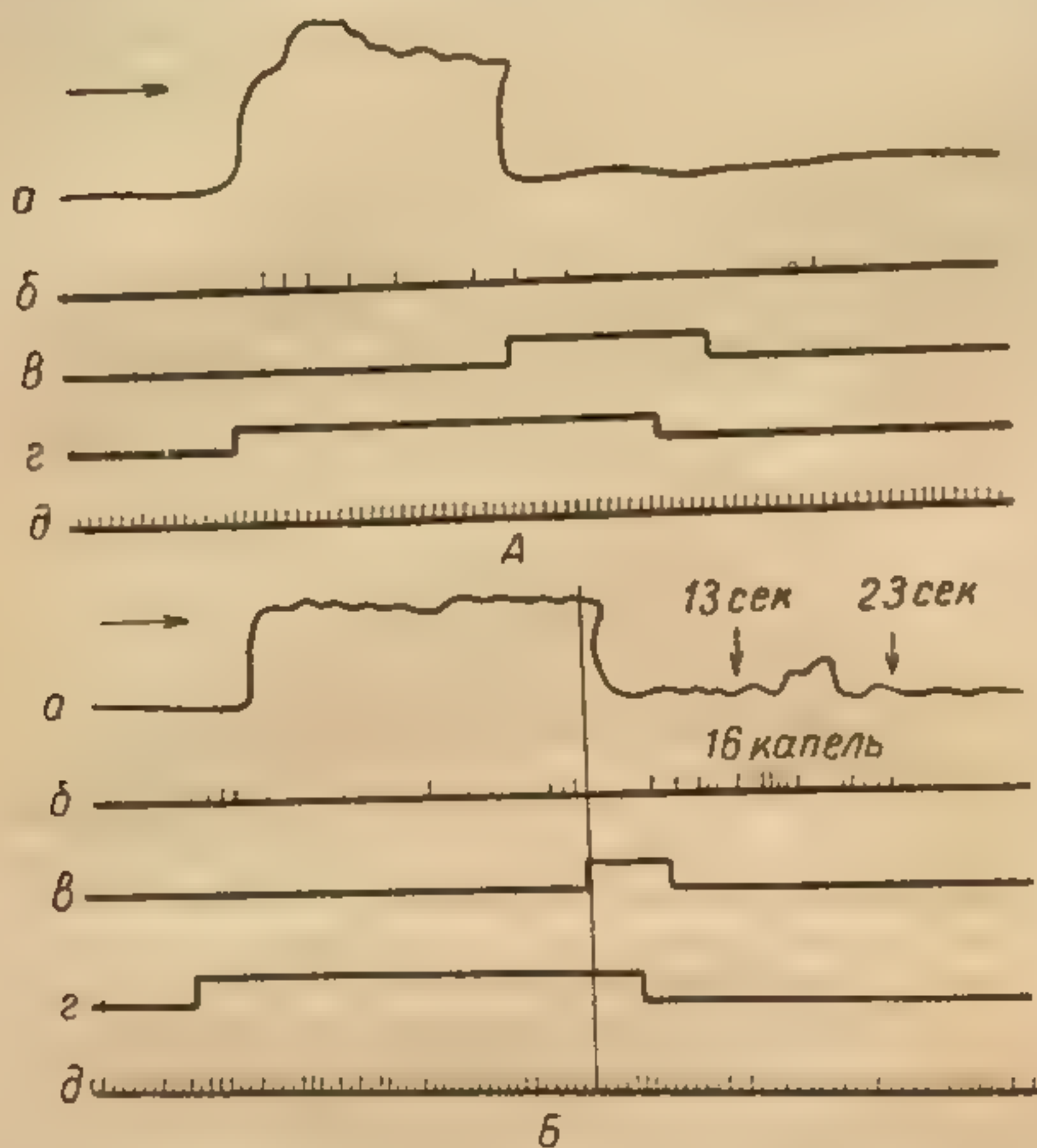


Рис. 18. Условное торможение светом (А) и положительная индукция секреторного рефлекса после условного торможения (Б). А — во время действия раздражителя метронома; Б — на высоте развития двигательного рефлекса (по Красногорскому):

а — двигательный рефлекс; б — секреторный рефлекс; в — свет; г — метроном; д — время в секундах.

Общеизвестно, что слово «нельзя» и отрицательное покачивание головой в течение многих лет вызывают условное торможение многих других положительных условных рефлексов, с которыми они ранее не сочетались.

Условный тормоз может быть образован и на интенсивность условного раздражителя. При этом одна интенсивность условного раздражителя будет вызывать условный положительный рефлекс, а другая интенсивность того же самого условного раздражителя может быть условным тормозом.

Условные тормоза имеют большое значение в воспитании детей и их обучении, особенно в воспитании дисциплины.



Тренировка условного торможения с возрастом обеспечивает его совершенствование и формирование личности, тонко приспособленной к различным условиям жизни и трудовой деятельности.

**Запаздывание.** При увеличении промежутка времени между началом действия условного раздражителя и началом подкрепления безусловным раздражителем вырабатывается *запаздывание*. Если постепенно отставлять подкрепление, то условный рефлекс появляется не через несколько секунд после начала действия условного раздражителя, а непосредственно перед подкреплением.

У детей дошкольного и младшего школьного возрастов запаздывающие условные рефлексy образуются с большим трудом и медленнее, чем другие тормозные условные рефлексy. При частом применении запаздывающих условных рефлексов появляются дремота, сонливость и физиологический сон.

Частое и усиленное образование запаздывающих рефлексов может вызывать у детей временные нарушения высшей нервной деятельности. У некоторых детей образование точно отставленных условных рефлексов происходит с большим трудом. У здоровых детей точно сохраняются периоды отставления. Отставленные условные рефлексy тренируются и совершенствуются с возрастом и имеют большое значение для формирования точного поведения, соответствующего условиям жизни и труда.

**Дифференцировочное торможение.** Для анализа воздействий внешнего мира и формирования адекватного поведения существенное значение имеет *дифференцировочное торможение*. Эта разновидность внутреннего торможения вырабатывается при подкреплении условных раздражителей определенного качества и интенсивности и неподкреплении у того же ребенка условных раздражителей, близких по качеству и интенсивности. В первом случае образуется возбуждение, а во втором — дифференцировочное, различительное торможение. Например, благодаря дифференцировочному торможению в области зрительного анализатора различаются оттенки света, цвета и их интенсивности; в области слухового анализатора — высота, сила, состав и локализация звуков; в области кожного анализатора — прикосновение, давление, чесание, удар, температура внешней среды и т. д.

Дифференцировочное торможение образуется после нескольких неподкреплений. Дифференцировочное торможение двигательных условных рефлексов вырабатывается быстрее, чем секреторных.

При воздействии окружающего мира в результате иррадиации возбуждения приходят в состояние возбуждения области нескольких анализаторов в больших полушариях и многие нервные клетки одной и той же области анализатора. Затем в ре-



зультате концентрации возбуждения и дифференцировочного торможения производится более тонкий анализ разных форм движения материи.

Образование тонких дифференцировок у детей происходит постепенно. Для образования тонкой и трудной дифференцировки нужно сначала образовать более грубую и легкую. Если не переходить постепенно от легких задач к трудным, может наступить нарушение высшей нервной деятельности.

Вначале дифференцировочное торможение образуется с трудом, затем оно тренируется, и его образование все более и более ускоряется и совершенствуется. Прежде чем переходить к выработке новой дифференцировки, нужно прочно закрепить прежнюю. Оптимальное время образования дифференцировки различается у разных детей. Чем труднее дифференцировка, тем более продолжительное время необходимо для ее образования.

Чем моложе ребенок, тем больше иррадиация возбуждения и тем меньше его концентрация, а следовательно, и дифференцирование внутренним торможением. Дифференцировочное торможение повышает эффективность учебного процесса. Примером является использование сравнения и противопоставления.

Усвоение коренных, качественных отличий физиологических функций детей от таких же функций у животных значительно облегчается, если сравнивать и противопоставлять их у детей и у лабораторных животных: собак, кошек, кроликов, лягушек.

### 13. СОН, СНОВИДЕНИЯ И ГИПНОТИЧЕСКИЙ СОН

**Активный физиологический сон.** Различаются два вида физиологического сна: 1) активный и 2) пассивный. Активный физиологический сон является результатом предшествующего возбуждения нервных клеток больших полушарий, после которого они вследствие последовательной индукции переходят в состояние торможения. Внешнее и внутреннее торможение при определенных условиях повторения и суммации иррадируют по большим полушариям и, спускаясь вниз по подкорковым центрам, захватывают промежуточный и средний мозг (И. П. Павлов).

Выключение торможением промежуточного мозга, в котором сосредоточиваются все афферентные проводящие пути, вызывает прекращение притока афферентных импульсов в большие полушария и, следовательно, сон вследствие временной деафферентации больших полушарий головного мозга.

При переходе от бодрствования ко сну или при пробуждении могут появляться гипнотические фазы: уравни-  
тельная, парадоксальная и ультрапарадоксальная. Они представляют собой фазы перехода от возбуждения к торможению в условиях пониженной возбудимости больших



полушарий. При этом вначале величина всех условных рефлексов начинает уменьшаться, но еще сохраняется закон силы условных раздражителей. Затем наступает у р а в н и т е л ь н а я фаза, в которой все условные раздражители, сильные и слабые вызывают слабые двигательные условные рефлексы одинаковой небольшой величины. Далее развивается п а р а д о к с а л ь н а я фаза, в которой слабые условные раздражители вызывают условные рефлексы большей величины, чем сильные. При еще большем снижении возбудимости больших полушарий появляется иногда у л ь т р а п а р а д о к с а л ь н а я фаза, в которой положительные, подкрепляемые условные раздражители не вызывают условных рефлексов, т. е. действуют тормозящим образом, а отрицательные, неподкрепляемые условные раздражители вызывают условные рефлексы, т. е. действуют возбуждающим образом. После этой фазы наступает полное торможение, когда не действуют никакие раздражители.

**Активный сон у детей.** У детей в разных анализаторах могут быть разные фазовые состояния. В условиях повышенной возбудимости больших полушарий у детей наблюдаются две фазы: фаза повышения условных рефлексов при сохранении закона силы и уравнительная фаза, в которой слабые и сильные раздражители вызывают одинаковые повышенные рефлексы. Поэтому нужно различать две уравнительные фазы: при пониженной и повышенной возбудимости.

У детей наступление сна связано с временем дня. Утром многократное применение раздражителей условного торможения вызывало у ребенка только слабую сонливость, в середине дня при значительно меньшем числе условных тормозных рефлексов наступал сон, а вечером сонливость и сон появлялись при резком уменьшении условных тормозных рефлексов и сон продолжался значительно больше обычного.

Активный сон доказывается тем, что у детей выключение в течение дня зрительного анализатора повязкой, наложенной на глаза, затрудняло наступление сна вечером, а временное выключение из дневной работы зрения и слуха привело к невозможности вызвать вечером сон, так как мозговые области этих основных высших анализаторов не функционировали и поэтому не перешли в состояние торможения ввиду отсутствия последовательной индукции.

У здоровых детей сон или торможение прежде всего возникает в двигательном и речедвигательном анализаторах при их утомлении. Закрывание глаз, горизонтальное положение тела и покой скелетных мышц, при которых прекращается приток центростремительных импульсов из проприоцепторов, уменьшение раздражений рецепторов кожи, слабые тепловые раздражения способствуют вечером наступлению сна. Утомление благоприятствует наступлению сна.



Для поддержания работоспособности больших полушарий головного мозга детям необходим полный, непрерывный сон: новорожденному — 21 час, 6-месячному — 14 часов, в возрасте 1 года — 13 часов, 4 лет — 12 часов, 7 лет — 11 часов, 10 лет — 10 часов, 14—15 лет — 9 часов и 17—19 лет — 8 часов в сутки. При нарушении нормального режима бодрствования и сна, при перекорме детей или принятии большого количества долго перевариваемой пищи перед отходом ко сну наступают расстройства сна, или бессонница. Это бывает у детей, которые вынуждены поздно ложиться спать и рано вставать, например у школьников, перегруженных домашними заданиями. При перерыве нормального сна у детей наблюдается возбуждение вследствие индукции.

**Пассивный сон.** Пассивный сон наступает при выключении органов чувств детей, перерыве восходящих афферентных путей или при врожденном отсутствии у детей мозговых областей анализаторов. Это объяснение подтвердилось в последние годы при выключении у животных ретикулярной формации мозгового ствола, вызывающем деафферентацию больших полушарий, т. е. прекращение притока афферентных импульсов, или после отделения больших полушарий от мозгового ствола. Наоборот, раздражение ретикулярной формации мозгового ствола у животных вызывает пробуждение.

Больные люди, которые лишились органов чувств, кроме одного глаза и одного уха, засыпали полным сном, без сновидений, когда им плотно завязывали глаз и ухо. И. П. Павлов так описал такого больного: «Как только вы ему закроете либо ухо, либо глаз — эти последние окна из внешнего мира, — он непременно впадает в забытие и ничего из того, что происходило с ним в этот промежуток, не помнит».

**Сновидения.** При неполном сне, при уменьшении глубины сна ночью или при пробуждении бывают сновидения. Они возникают в результате временного пробуждения части больших полушарий при раздражении внешних органов чувств или рецепторов внутренних органов. Так как во время сновидений большая часть больших полушарий не функционирует, то сновидения протекают без контроля сознания. В пробудившихся участках происходят галлюцинации, бред, вследствие появления гипнотических фаз, и поэтому искажаются запечатленные в них следы прошлых переживаний или прочитанного, а также ощущения, возникающие во время сна.

**Гипнотический сон.** Неполный, частичный сон, который обычно вызывается другим лицом, называется гипнотическим сном.

Посредством слабых, однообразных, монотонных раздражителей, таких, например, как однообразные движения гипнотизера или световые блики в его глазах, вызывается торможение



части больших полушарий, в то время как другая часть (слуховой анализатор) продолжает функционировать. Гипнотическое торможение производится и при помощи слов гипнотизера, приказывающего спать, но слушать его во сне и выполнять его приказания во время сна. При сочетании словесного внушения с индифферентным раздражителем, например звуком метронома, обстановкой, в которой производится внушение, гипнотический сон возникает при действии этих условных раздражителей. Можно образовать также условный рефлекс прекращения гипнотического сна.

Благодаря одновременной индукции торможение усиливается вокруг очага возбуждения в слуховом анализаторе или других возбужденных участках, и поэтому функционирующие бодрствующие участки являются совершенно разобщенными от заторможенной большей части больших полушарий. Это объясняет отсутствие сознания в гипнотическом сне.

Гипноз наступает в определенных условиях: прекращения движений и речи гипнотизируемого, отсутствия внешних раздражителей, т. е. выключения центростремительных импульсов из кожи и мышц и ограничения импульсов из внешних органов чувств слабыми раздражениями, производимыми гипнотизером. Существенное значение имеет предварительная пониженная возбудимость больших полушарий головного мозга.

Дети до 5—6 лет не могут быть загипнотизированы. В этом — возрасте, вследствие еще недостаточного развития дифференцировочного торможения определенных участков в головном мозге, оно очень быстро распространяется при действии раздражителей, вызывающих гипноз, и захватывает большие полушария целиком. Поэтому наступает не частичный, гипнотический сон, а полный физиологический сон, в котором невозможно приказывать ребенку произвести то или иное действие, так как отсутствуют бодрствующие участки. Чем моложе ребенок, тем быстрее и полнее торможение распространяется по большим полушариям, не концентрируясь в определенных участках. Примерно с 7 лет развивается концентрация торможения и появляются одновременно с заторможенными бодрствующие, возбужденные участки больших полушарий. С этого возраста у некоторых детей с пониженной возбудимостью больших полушарий можно вызвать гипнотический сон. Наиболее восприимчивы к гипнозу дети 7—14 лет.

Во время гипнотического сна условные кожные и особенно двигательные рефлексy полностью отсутствуют или резко уменьшены. Слуховые условные рефлексy сохраняются. Однако новые условные рефлексy можно образовать даже в глубоком гипнотическом сне. Быстро образуются слуховые условные рефлексy, так как слуховой анализатор продолжает функционировать. Трудно образовать кожные и проприоцептивные двига-



тельные рефлексы, так как эти анализаторы заторможены, но эти рефлексы вырабатываются после большого числа подкреплений. Скрытый период этих рефлексов удлиняется тем больше, чем глубже сон.

Условные рефлексы в бодрствующих анализаторах могут быть в гипнотическом сне больше, чем до гипноза.

В гипнотическом сне можно образовать не только положительные, но и отрицательные условные рефлексы (условные тормозы). Но они образуются значительно медленнее, и условное торможение, выработанное в гипнозе, понижено, непрочное, неустойчиво. Кроме того, оно более инертно, застойно, чем в состоянии бодрствования, и оставляет длительное последствие. Что касается безусловных слюнных рефлексов, то они в гипнозе почти не изменяются.

Образование условных рефлексов происходит даже при полном отсутствии сознания. Мы уже упоминали о том, что некоторые нервные процессы в больших полушариях протекают без ощущений и не осознаются (стр. 40, 52), поэтому дети не могут вспомнить о своих действиях во время гипноза. У детей после прохождения гипнотического сна вызываются условные секреторные и двигательные рефлексы, выработанные в гипнотическом сне, но они производят их без сознания и не могут объяснить свои поступки. Однако они хорошо мотивируют свои действия, если условные рефлексы образованы в состоянии бодрствования.

#### 14. ФУНКЦИЯ РЕЧИ И ВТОРАЯ СИГНАЛЬНАЯ СИСТЕМА

**Функция речи.** Физиологическая функция речи состоит в рефлекторном регулировании сокращений особой группы скелетных мышц, участвующих в акте устной и письменной речи, благодаря центростремительным импульсам, притекающим в соответствующие речевые анализаторы головного мозга человека из различных рецепторов или органов чувств, в частности из двигательного аппарата, участвующего в речи, при произнесении и написании слов.

Нервный процесс, возникающий в больших полушариях при поступлении импульсов от речевых органов, представляет собой физиологическую основу отвлечения от действительности и обобщения понятий, что и составляет человеческое, высшее мышление.

По способу возникновения функция речи относится к заученным двигательным рефлексам. В. М. Бехтеров считал, что речь является особым видом сочетательных двигательных рефлексов. В его лаборатории было показано, что речь представляет собой сложную форму сочетательно-рефлекторной реакции организма на внешние и внутренние раздражения (М. И. Аствацатуров, 1908).



Кинестезические клетки больших полушарий связываются со всеми внешними и внутренними анализаторами. Это физиологическая основа произвольных движений и в том числе речевых движений, которые обусловлены суммарной деятельностью коры больших полушарий.

Функция речи осуществляется в результате координированной деятельности всей нервной системы, но в коре больших полушарий головного мозга человека различаются особые области (речевые анализаторы), которые специально участвуют в выполнении речевой функции (рис. 19—20).

#### Речевые анализаторы.

Задний отдел левой верхней височной извилины — поле 42 — является той областью, которая необходима для того, чтобы при слышании звука слова происходило его понимание. Эта область называется сенсорным или слуховым анализатором речи (А. Я. Кожевников, Вернике). При разрушении или удалении этого анализатора утрачивается способность понимания речи, при сохранении восприятия слов

как звуков — сенсорная афазия (*а* — не, *фазис* — речь), словесная, или речевая, глухота. Больной воспринимает все звуки и шумы, он слышит слова, но не в состоянии их понять, теряет смысл слов. Этот анализатор формируется первым в процессе развития речи, и он всегда остается господствующим над другими анализаторами речи. Поэтому при его поражении страдает и устная и письменная речь (письмо и чтение). Вследствие отсутствия восприятия собственной речи иногда наблюдается «словесный понос» — логоррея — чрезмерная говорливость.

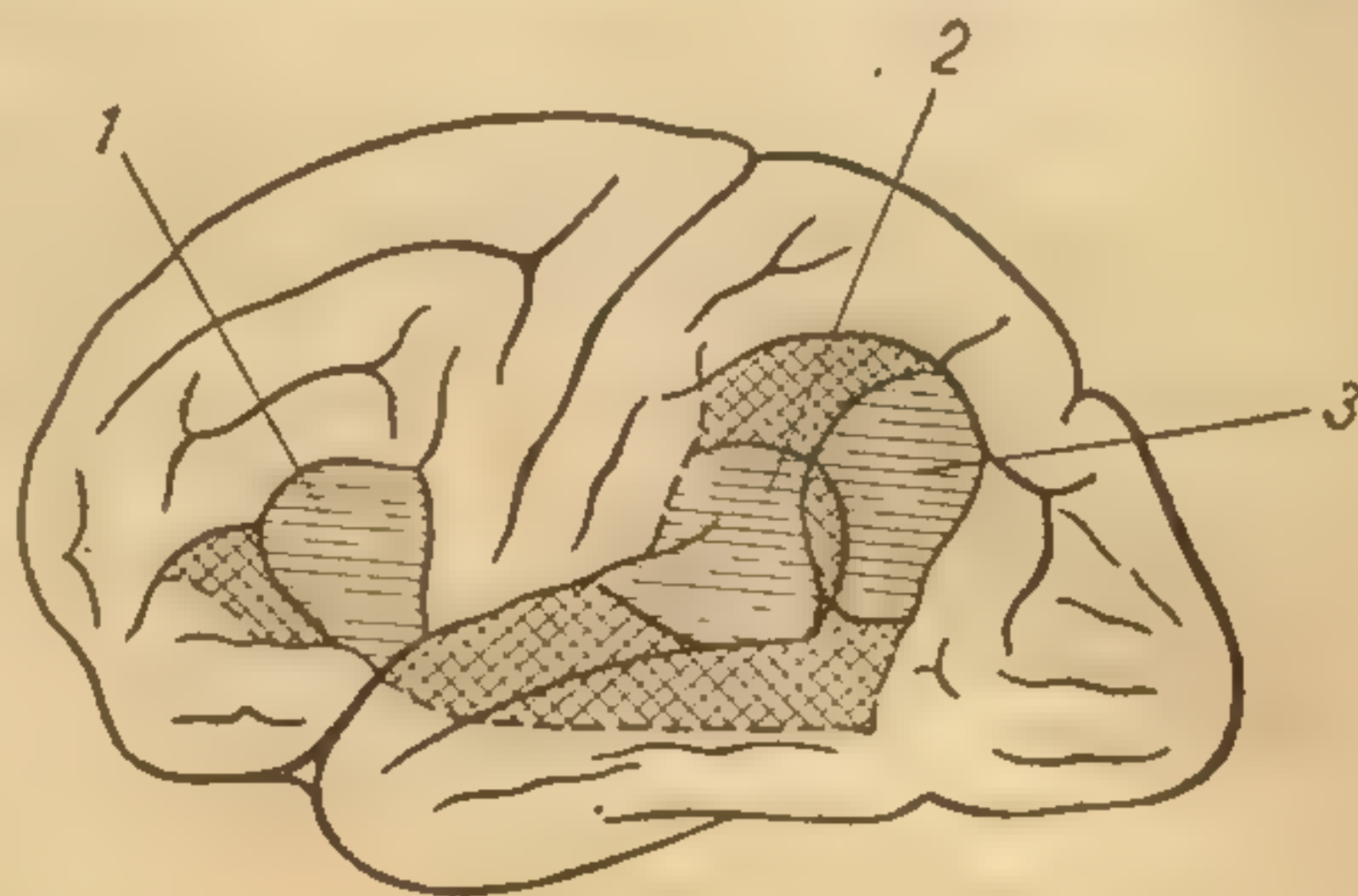


Рис. 19. Расположение анализаторов речи:

1 — двигательный; 2 — слуховой; 3 — зрительный.



Рис. 20. Карта полей больших полушарий головного мозга.



Связи звуковых образов слов со всеми воспринимающими областями, в которых возникают представления о предметах и явлениях, фиксируются и в задней части поля 22. Поражение этой области также приводит к сенсорной афазии.

Двигательный анализатор речи (Брока) начинает формироваться несколько позднее. Он расположен впереди поля 6, в нижнем отделе передней центральной извилины — поле 44, которое имеет типичное строение. Это область простейших движений речевой мускулатуры, имеющая связь с остальной корой через задний отдел третьей лобной извилины. У правой в большинстве случаев величина площади этого анализатора в нижней лобной извилине левого полушария превалирует над правым полушарием. Сохранность этого анализатора необходима для произнесения слов. При разрушении или удалении этого анализатора человек неспособен произносить ни одного слова, не может повторять слова, но может производить простейшие движения речевой мускулатуры, способен кричать и петь — моторная двигательная афазия. В некоторых случаях моторная афазия связана с апраксией (*a* — не, *праксис* — действие) языка и остальной речевой мускулатуры.

Ввиду сохранности слухового анализатора речи, понимание речи при этом сохраняется. При поражении поля 44 нередко страдает не только устная речь, но и способность без произнесения слов формулировать мысли словами, на основе накопленных словесных звуковых образов, имеющих определенное смысловое содержание — внутренняя речь. Затрудняется чтение про себя, расстраивается письмо — произвольное и под диктовку, но сохраняется копирование букв при письме. В молодом возрасте, под влиянием систематических логопедических занятий (*логос* — речь, *паидео* — воспитываю) афазия проходит. Остаются только едва заметные расстройства произношения.

У правши афазия наблюдается при поражении левого полушария, а у левши — при поражении правого полушария. Задержка в развитии речи у детей при сохраненном слухе называется алалией.

Расположенное впереди поля 45, значительно отличающееся по своему строению от поля 44, имеет отношение к построению грамматически правильных сочетаний слов и к пению. При поражении поля 45 расстраивается пение, как предполагается, вследствие потери памяти приемов произношения, — вокальная амузия.

Смысловое значение имеют не только отдельные слова, но и их сочетания — фразы, произнесение которых осуществляется через поля 39 и 40 (рядом с полем 22). Поэтому поражение этих областей приводит к расстройству речи, которое называется семантической (смысловой) афазией.



При поражении углового поля, находящегося в теменной доле (поле 39), больной не в состоянии писать (аграфия) вследствие потери способности понимать видимое, узнавать буквы и, следовательно, невозможности читать вслух — алексия (а — не, легере — читать). При этом потеряна и способность узнавания цифр — акалькулия (а — не, калькуляре — считать), а следовательно, считать. При поражении поля 40 теряется способность ориентировать движения в последовательности и в пространстве, поэтому теряется способность писать. Потеря способности к письму не связана с потерей способности производить движения, так как все движения в руке сохранены.

Процесс письма не связан с функцией изолированного участка коры больших полушарий. В осуществлении письма у правшей участвуют височная, затылочная, нижнетеменная и нижнелобная области левого полушария.

Определенные слова, которые слышит ребенок на первом году жизни, постоянно сочетаются с определенными предметами, которые он видит. Благодаря этому в промежуточном поле 37 образуются стойкие замыкания между зрительными полями 18, 19 и слуховыми полями 21, 22. Поэтому при поражении затылочно-височного поля 37 наблюдается смысловая афазия, потеря памяти на слова (амнестическая афазия) — потеря способности назвать хорошо известные предметы, вследствие затруднения в нахождении соответствующего слова.

Мимика и жестикуляция, играющие в речевой функции вспомогательную роль, осуществляются благодаря импульсам, поступающим из поля 46 в поля 44, 45, в поля премоторной области и подкорковые центры. Клинические наблюдения показывают, что у правшей, в связи с развитием функций правой половины тела и особенно правой руки, особенно развиты сложнейшие психические функции левого полушария головного мозга.

Таким образом, в осуществлении функции речи участвуют большие полушария в целом, вся нервная система, но особое значение имеют отдельные области коры.

**Вторая сигнальная система — анатомо-физиологическая основа речи.** Необходимо учесть, что при произнесении, написании и прочтении слов центростремительные нервные импульсы поступают в головной мозг не только из органов речи, т. е. из мышц, участвующих в функции устной речи, из слизистой оболочки гортани и т. д., но и из органов слуха, зрения, а также из тех групп скелетных мышц, сокращение которых сопровождает произнесение слов (жестикуляция, мимика) и обеспечивает движения в акте письма (письменная речь). Следовательно, функция второй сигнальной, словесной системы осуществляется не только специальными, речевыми анализаторами, но и



другими анализаторами коры больших полушарий, т. е. головным мозгом в целом.

Вторая сигнальная система состоит не только из наличных раздражителей, но и, что особенно важно, из следов в больших полушариях трех сортов: звуковых на слышимое слово, зрительных на письменное слово и, наконец, кинестетических, т. е. на след раздражения кинестетического или двигательного анализатора. Для осуществления мышления непременно должны быть в головном мозге следы, образы слов.

Вторая сигнальная система составляет, таким образом, анатомо-физиологическую основу устной (звуковой) и письменной речи.

Функция речи является средством выражения и формирования мышления и сознания.

Вторая сигнальная система представляет собой новые, высшие формы временных нервных связей. Она является новым качеством больших полушарий, появившимся у человека как социального существа и обеспечивающим все богатство его психической жизни. Наша выучка, наше образование, все умственное и физическое воспитание основаны на этих новых, отличающих нас от животных, физиологических механизмах деятельности головного мозга. Они обусловлены способностью нашего мозга на основе сигналов первой и второй (или словесной) системы образовывать, формировать новые временные нервные связи. Эти нервные связи обеспечивают способность отвлечения, обобщения, формирования понятий, законов вечно движущегося и развивающегося мира. Понятия образуются при помощи слов.

Благодаря отвлечению, этому особому свойству слова, мы отображаем внешний мир в понятиях о реально существующих общих формах времени, пространства, причинности.

Вторая сигнальная система характеризуется чрезвычайной сложностью. С нею связана наиболее выразительная форма движений, свойственная только человеку.

И. П. Павлов указывал, что детальному и широкому высшему анализу и синтезу, производимому большими полушариями, подвергаются и явления, имеющие место в скелетно-мышечной системе. Этим достигается разнообразнейшее и тончайшее приспособление скелетно-мышечной деятельности к условиям окружающей, постоянно колеблющейся среды. Таким механизмом осуществляются наши мельчайшие выработкой приобретенные движения, например рук. Сюда же относятся и речевые движения.

Глубокое и всестороннее изучение качественно своеобразного физиологического процесса мозга человека, как материальной основы его психики, имеет огромное теоретическое и практическое значение. Следует учесть, что психический процесс



не может быть оторван от физиологического процесса головного мозга человека, не может протекать самостоятельно, параллельно этому физиологическому процессу и в то же время не тождествен, не равен физиологическому процессу и не сливается с ним полностью.

Теория И. П. Павлова о второй сигнальной системе позволяет успешно изучать формирование речевой функции и представляет собой результаты изучения материального субстрата психических явлений — нервного процесса, физиологической основы речи.

### 15. ЕДИНСТВО ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ СИГНАЛЬНЫХ СИСТЕМ У ДЕТЕЙ

Основные законы, установленные в деятельности первой сигнальной системы, проявляются также и во второй сигнальной системе, так как обе системы являются функцией одной и той же нервной ткани больших полушарий головного мозга человека. И первая и вторая сигнальные системы являются формами нервного процесса в головном мозге, но только различной степени сложности.

В нормальных условиях жизни человека вторая сигнальная система регулирует и тормозит до известной степени первую сигнальную систему и эмоциональную деятельность. Это является результатом того, что люди не только в общении друг с другом, но и в своих переживаниях пользуются словами. Тормозящее влияние второй сигнальной системы доказывается тем, что в начальной фазе гипнотического состояния и в дальнейшей фазе, в просоночном состоянии, когда выключается прежде всего вторая сигнальная система, происходит оживление первой сигнальной системы и эмоций, теряется сознание действительности и появляются сновидения.

Словесная, или вторая сигнальная, система является преобладающей, особо ценной в высшем отделе центральной нервной системы — в больших полушариях — и оказывает постоянно торможение, отрицательную индукцию на первую сигнальную систему. Но разделение сигнальной системы на первую и вторую нельзя представить только анатомически, оно, вероятно, является главным образом функциональным. Таким образом, когда речь идет о разделении этих систем, то нужно иметь в виду не чисто анатомическую локализацию, а главным образом функциональную и тренировку этих систем<sup>1</sup>.

Первая и вторая сигнальные системы развиваются вместе в условиях жизни человека в обществе, они непрерывно функционируют вместе. Развитие и функционирование первой и

<sup>1</sup> См. «Павловские среды», т. III, 1949, стр. 319.



второй сигнальных систем, при ведущей роли второй сигнальной системы, определяются общественно-историческими закономерностями. Вторая сигнальная система, как специфически человеческая функция, возникла в процессе общественного труда, которого у животных нет, так же как и речи и сознания.

Вторая сигнальная система развивается на основе первой сигнальной системы, на основе восприятий, образов, представлений, которые возникают о предметах внешнего мира и их отношениях между собой благодаря деятельности мозговых концов анализаторов. Вторая сигнальная система имеет значение только через первую сигнальную систему и в связи с ней. Нормальный человек пользуется вторыми сигналами эффективно только до тех пор, пока вторая сигнальная система постоянно и правильно соотносится с первой сигнальной системой, т. е. ближайшим проводником действительности.

А. Г. Иванов-Смоленский (1929) схематически разделил последовательность развития у детей взаимоотношений между первой и второй сигнальными системами на следующие этапы:

1) Непосредственно-непосредственные (н—н) условные рефлексы первой сигнальной системы, когда непосредственные раздражители внешнего мира (зрительные, слуховые, кожные, обонятельные, вкусовые) вызывают непосредственную двигательную или вегетативную реакцию организма ребенка. В этих условных рефлексах слово не принимает никакого участия, так как вторая сигнальная система еще не сформировалась. Эти условные рефлексы образуются у детей в первые дни и месяцы жизни.

2) Словесно-непосредственные (с—н) условные рефлексы, когда слово вызывает у детей условный рефлекс непосредственного характера. Например, еще задолго до того как ребенок научился говорить, он научается реагировать на слова, произносимые окружающими, двигательными и вегетативными условными рефлексами. Эти условные рефлексы начинают образовываться у детей уже в первой и особенно, во второй половине первого года жизни.

3) Непосредственно-словесные (н—с) условные рефлексы, когда окружающие предметы и ситуации начинают связываться с определенными звуко сочетаниями, с наименованием окружающих предметов и людей. Ребенок, подражая окружающим людям, произносит эти звуко сочетания (слова) при действии на него непосредственных раздражителей, совпавших во времени с произнесением этих слов. В этом периоде (конец первого года жизни и начало второго года) ребенок к условным рефлексам первых двух групп присоединяет рефлексы третьей группы.

4) Словесно-словесные (с—с) условные рефлексы, когда на воздействие словами дети реагируют также словами.



В этом периоде (также конец первого года и начало второго года жизни) формируется вторая сигнальная система и к условным рефлексам первых трех групп добавляются условные рефлекс четвертой группы.

Следовательно, с этого периода жизни у детей формируются условные рефлекс всех четырех групп.

## 16. ПОЯВЛЕНИЕ УСЛОВНЫХ РЕФЛЕКСОВ НА СЛОВА И ПЕРВЫЕ РЕЧЕВЫЕ РЕАКЦИИ РЕБЕНКА

**Формирование функции речи.** Ребенок обучается речи в процессе общения с окружающими. Описаны случаи, когда дети до 12—16 лет были изолированы от человеческого общества и, несмотря на развитие у них голосового аппарата, они не произносили слов и не реагировали на слова.

Ребенок вначале овладевает своим органом речи. Он издает звуки, которые являются результатом врожденных двигательных рефлекс.

Начиная с 2-го месяца у грудных детей появляются недифференцированные голосовые шумы, свисты и визги, которые постепенно превращаются в звуки речи. С 3-го месяца дети начинают лепетать, гулить, в особенности при произнесении звуков речи окружающими. Гуление является подготовкой, постепенным упражнением голосового и дыхательного аппаратов к произнесению звуков речи.

Во время лепета, гуления раздражение рецепторов голосового аппарата многократно сочетается с раздражением органа слуха и области слухового анализатора в больших полушариях. Постепенно у ребенка начинают вырабатываться новые условные двигательные рефлекс речи, которые преобразуют врожденные двигательные рефлекс органа речи.

Первыми мягкими гласными, которые произносит ребенок, являются «я» и «и», первыми твердыми гласными — «а», «э», «ы». В 6—7 месяцев дети произносят гортанные согласные звуки «к», «х» и губные «м», «б», «п». Дети 6—7 месяцев подражают словам, которые произносятся окружающими.

В 5—6 месяцев ребенок выделяет из слышимых слов ударные слоги и путем подражания и повторения закрепляет их. В это время часто произносятся слоги «ба», «ма», «па». Далее слоги связываются с внешними раздражителями, которые становятся условными раздражителями, вызывающими произнесение этих слогов. В это время у ребенка образуются условные рефлекс на слова, произносимые окружающими. Вначале слова становятся сигналами безусловных рефлекс, а затем сигналами условных рефлекс, они заменяют безусловные и условные раздражители. Это «понимание» слов обнаружива-



ется раньше способности произносить слова — приблизительно с 5 месяцев.

Ребенок, не умеющий еще говорить, может выполнять словесно выраженное приказание или просьбу. Это не означает, что ребенок начинает понимать смысл слов. У него образуются условные двигательные рефлексy или ассоциативные связи на ситуацию, в которой слова произносятся, на звуковые образы слов, на интонацию слов, на жестикуляцию, сопровождающую слова, произносимые окружающими. Слово является условным слуховым раздражителем. Следовательно, в этом периоде жизни у ребенка функционирует только первая сигнальная система, т. е. образуются условные рефлексy на непосредственные изменения во внешнем мире или внутри организма.

Функция речи осуществляется благодаря тому, что врожденные рефлекторные сокращения речевого органа и дыхательного аппарата развиваются и формируются в процессе выработки новых приобретенных рефлексов. Этот факт демонстрируется потерями функции речи при поражениях областей анализаторов речи в больших полушариях. С другой стороны, общеизвестно значение обучения устной и письменной речи в формировании психики. Описаны случаи, когда здоровые дети обучались речи в старшем школьном возрасте. В этом случае обучение происходило значительно быстрее, чем в раннем детстве.

Участие слуха в формировании речи является необходимым. Потеря слуха в раннем детстве до того, как ребенок научился говорить или недавно начал учиться говорить, ведет к глухоноте.

Дети, у которых с рождения или раннего детства отсутствуют слух и зрение, в значительной мере оторваны от внешнего мира. Поэтому они лишены нормальной человеческой психики до тех пор, пока специальными приемами не удастся вернуть им мышление посредством слов.

Первые звуки ребенка приближаются к гласным «а», «е», «у». Затем появляются первые согласные губные звуки «м», «п», «б», после которых произносятся зубные звуки «д», «т» и, наконец, щипящие.

К концу 1-го года и к началу 2-го года, на основе «понимания» чужой речи и овладения своим органом речи, начинает развиваться собственная речь ребенка. Осмысленность речи обусловлена главным образом многократным сочетанием слуховых раздражителей со зрительными и осязательными. При произнесении звуков речи (фонем) из голосового аппарата, из органов слуха и дыхания в большие полушария головного мозга, прежде всего в области анализаторов речи в больших полушариях поступают афферентные импульсы, которые вызывают в них возбуждение. На этой основе происходит формирование речевых условных двигательных рефлексов.



В конце 1-го года ребенок произносит 5—10 слов. В образовании слова решающее значение имеет звуковая сила слогов (Н. И. Красногорский). Вначале у ребенка образуются временные связи между словами, как условными раздражителями, и новыми словами только в том случае, когда новые слова сочетаются с соответствующими раздражителями первой сигнальной системы (слуховыми, проприоцептивными, зрительными, осязательными, вкусовыми, обонятельными). После этого переходного периода речевая функция формируется и без непосредственной связи с первой сигнальной системой.

**Образование второй сигнальной системы.** Приблизительно в возрасте 1,5 лет при содействии взрослых ребенок начинает посредством речи вступать в общение с окружающими. В этом периоде быстро нарастает запас слов. В зависимости от индивидуальных различий, воспитания и других условий запас слов у детей одинакового возраста сильно колеблется. У детей 1—1,4 года не наблюдается условного двигательного рефлекса при замене условного раздражителя его словесным обозначением.

До 1,5 лет подражание в произнесении слов окружающими и самостоятельное воспроизведение слов по памяти развиваются медленно и отличаются неустойчивостью. После 1,5 лет подражание в произнесении слышимых слов у большинства детей быстрее совершенствуется, чем самостоятельное воспроизведение слов по памяти.

На 2-м году жизни ребенок начинает образовывать слова из изолированных звуков и слогов, в первую очередь тех, на которые падает ударение. Дети синтезируют ударные слоги. Эта осмысленная речь появляется в связи с развитием физиологических механизмов речевой функции, допускающей обобщение, образование понятий. Первые осмысленные слова ребенка являются преимущественно выражением его потребностей и эмоций.

Дети синтезируют ударные слоги разных слов в двучленные речевые цепи, соединяют слова в речевые комплексы или речевые стереотипы. Речевые стереотипы, или речевые шаблоны, облегчают овладение речью и формирование мышления.

К этому возрасту дети располагают запасом примерно в 500 слов. В этом периоде они еще неправильно произносят отдельные звуки речи, а другие звуки пропускают ввиду трудности их произношения.

У ребенка 3 лет словарный фонд значительно обогащается и может достигать до 1000 слов и больше. Увеличивается число слов в речевых цепях. Уточняется произношение слов. В этом периоде важно обогащать словарный состав ребенка, следить за правильностью произношения фонем и за их осмысливанием, усвоением грамматического строя речи. Навыки у детей 2—3 лет образуются при участии их речи и сознания.



В 4-й год жизни речь ребенка еще больше обогащается новыми словами, а следовательно, увеличивается число усвоенных им понятий. Дети говорят в правильном грамматическом строе.

К 5—7 годам образование речи в основном заканчивается. В это время большую роль в формировании речи приобретают игра, прогулки, экскурсии, рассказы окружающих, чтение ими стихов, которые ребенок запоминает.

Следует учесть, что наиболее прочно запоминаются те слова или цепи слов, которые связаны с конкретной действительностью. Межсловарные связи менее прочны. Мышление ребенка в этом периоде конкретное, образное. Отвлеченное мышление формируется постепенно.

Речь ребенка отражает его деятельность. С возрастом ребенок дошкольного возраста (3—7 лет) все более при-

учается после словесной инструкции о молчании играть молча. В этом проявляется постепенное развитие торможения у детей, но еще в возрасте 7—8 лет возбуждение преобладает над торможением.

**Динамическая передача условных рефлексов в сигнальных системах.** Особый интерес представляет вопрос о появлении у школьников условного рефлекса на слова, отображающие конкретные явления внешнего мира, после того как ранее у них был образован условный рефлекс на эти же явления внешнего мира (рис. 21). Такой процесс некоторыми авторами обозначается как динамическая передача условных рефлексов из первой сигнальной системы во вторую сигнальную систему.

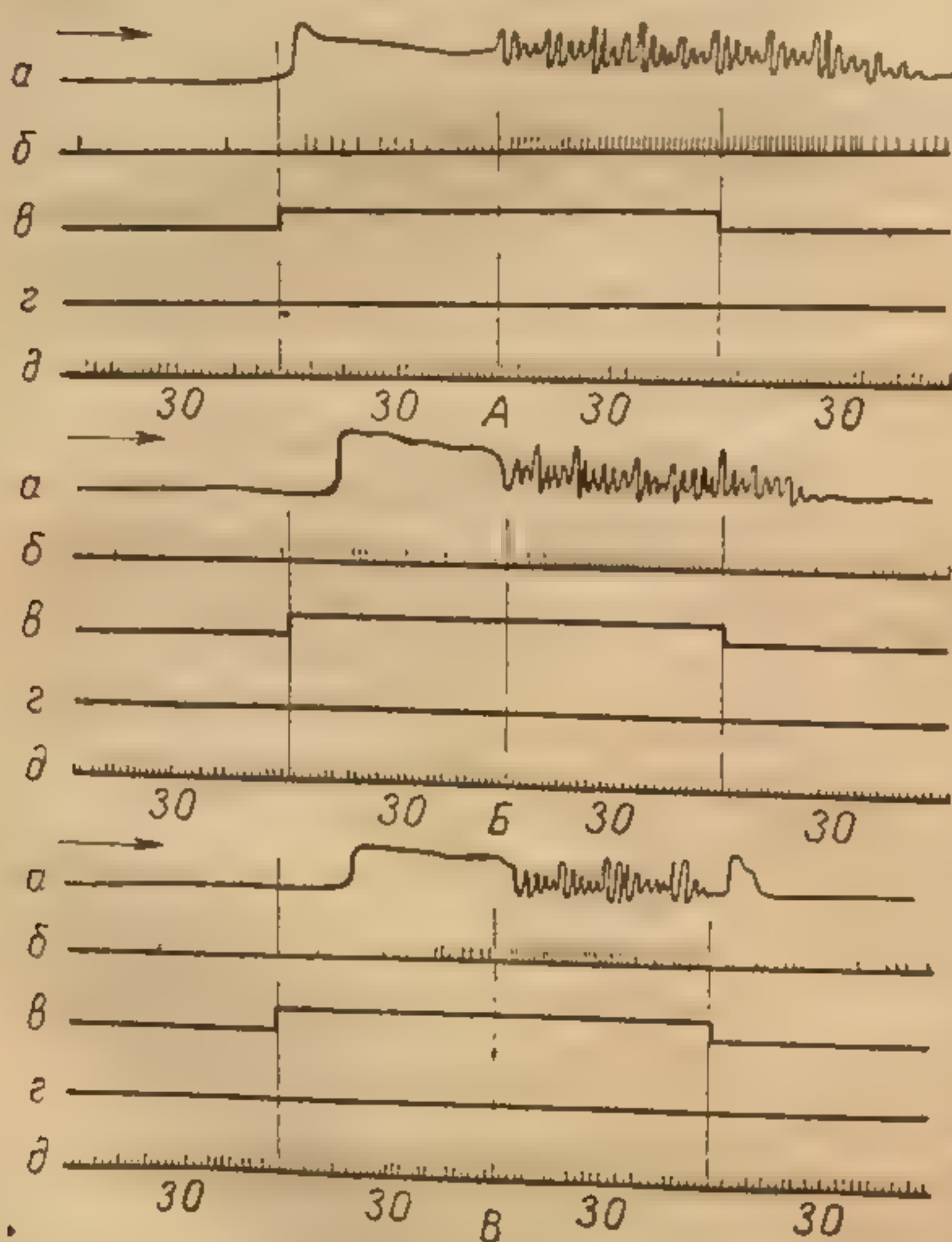


Рис. 21. Условные рефлексы на речевые числовые раздражители: А — «К девяти прибавить девять», Б — «Девяносто разделить на пять», В — «Семьдесят два разделить на четыре» (по Красногорскому): а — двигательный рефлекс; б — секреторный рефлекс; в — условный речевой раздражитель; г — подкрепление; д — время в секундах.



При образовании положительного условного рефлекса на сокращение скелетной мускулатуры, т. е. двигательного рефлекса у детей, или при образовании у них вегетативного условного рефлекса на изменения работы внутренних органов (сердечной деятельности, просвета зрачка, секреции слюнной железы и т. п.), возбуждение, которое возникает в больших полушариях в области того анализатора, на который действует непосредственный условный раздражитель, например свет, звонок и др., не остается в этой области, а распространяется на ту группу нейронов слухового анализатора речи в больших полушариях, которая воспринимает слово, заменяющее этот непосредственный раздражитель. В другие участки области слухового анализатора речи, посредством которых воспринимаются другие слова, не имеющие отношения к применяемому непосредственному раздражителю, возбуждение не распространяется.

Приведем пример такого избирательного, или элективного, обобщения или генерализации положительного условного рефлекса из первой сигнальной системы во вторую сигнальную систему.

У ребенка был образован условный положительный двигательный рефлекс на звонок, при звуке которого он производил сжатие резинового баллона. После того как этот условный двигательный рефлекс укрепился, произнесение экспериментатором слова «звонок» или показ испытуемому таблицы, на которой было написано слово «звонок», вызывало сразу, без предварительного подкрепления, тот же условный двигательный рефлекс сжатия резинового баллона.

У детей имеется также элективная, или избирательная, генерализация отрицательного (тормозного) условного рефлекса из первой сигнальной системы во вторую сигнальную систему.

При угашении положительного двигательного или вегетативного условного рефлекса на непосредственный раздражитель торможение распространяется в ту группу нейронов области слухового анализатора речи, которая воспринимает слово, заменяющее этот непосредственный условный раздражитель. Например, если у ребенка 11 лет был образован, а затем угашен условный двигательный рефлекс на показывание карандаша, то и слово «карандаш», произнесенное экспериментатором или показанное испытуемому, перестает вызывать этот условный двигательный рефлекс. И наоборот, если был угашен условный двигательный рефлекс на слово «карандаш», то и показывание карандаша, как непосредственного условного раздражителя, также остается без всякого эффекта. В то же время другие слова, если на них был образован условный двигательный рефлекс, вызывают его.



Элективная генерализация торможения из первой сигнальной системы во вторую и наоборот наблюдается и при других разновидностях внутреннего торможения, кроме угасательного (запаздывании, условном торможении, дифференцировочном).

Так как у детей с первых месяцев жизни образуются словесно-непосредственные и непосредственно-словесные условные рефлексы, которые затем многократно, в течение многих лет укрепляются, то так называемая элективная генерализация является воспроизведением чрезвычайно прочно укрепившихся условных рефлексов.

Следовательно, с первого года жизни ребенка у него образуется неразрывная связь первой и второй сигнальных систем, всегда функционирующих совместно, и поэтому передачи из первой сигнальной системы во вторую и наоборот не существует.

При сравнении школьников младшего, среднего и старшего возрастов оказалось, что чем старше школьники, тем у большего их числа в одной и той же возрастной группе происходит этот процесс одинакового реагирования на систему конкретных раздражителей и на понятия, отображающие их и выраженные словами. Чем старше школьники, тем быстрее они образуют понятия о конкретных явлениях действительности.

У детей 12—16 лет так называемая динамическая передача из первой сигнальной системы во вторую происходит большей частью при малом упрочении условного рефлекса на непосредственный раздражитель.

При обратной замене речевого приказа, вызывающего двигательный рефлекс непосредственным условным раздражителем, скорость образования первого условного рефлекса у школьников с 7 до 18 лет одинакова (после 2—5 подкреплений). Однако в старшем школьном возрасте для упрочения условного двигательного рефлекса при замене речевого приказа непосредственным раздражителем требуется большее число подкреплений, а у некоторых детей он не образуется даже после большого числа сочетаний. Динамическая передача в обратном направлении (со слова на непосредственный условный раздражитель) с возрастом наблюдается все реже и к 15—16 годам исчезает. Это обусловлено тем, что в старшем школьном возрасте преобладает отвлеченное мышление, имеющее решающее значение в образовании условных рефлексов.

Ясно, что в так называемой динамической передаче из первой сигнальной системы во вторую и наоборот участвуют не только анатомо-физиологические механизмы речевой функции. Решающее значение имеет смысловое содержание слова, уровень развития психики ребенка или подростка, его конкретного и абстрактного мышления и его жизненный опыт.



Чем моложе ребенок и чем чаще действуют словесные и непосредственные раздражители, тем легче развиваются индукционные отношения между первой и второй сигнальной системами. Развитие отвлеченного мышления и второй сигнальной системы, по мере того как ребенок становится старше, проявляется в возрастании ведущей роли второй сигнальной системы и в более частом и более продолжительном торможении ею первой сигнальной системы.

Дети хорошо дифференцируют интонацию и громкость слов. На одно и то же слово можно образовать положительные и отрицательные рефлексy в зависимости от интонации и громкости. Другое слово, имеющее иное смысловое значение, когда оно произносится с интонацией или громкостью, которые при произнесении первого слова вызывали положительный условный рефлекс, вызывает его сразу, с места. То же слово, когда оно произносится с другой интонацией или громкостью, вызывавшими ранее отрицательный условный рефлекс, также вызывает его сразу, с места.

Ясно, что в поведении детей основное значение имеет смысловое содержание слова, но в определенных условиях могут приобретать значение также интонация и громкость слов.

## 17. ТИПЫ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

И. П. Павлов указывал, что так как общее поведение наше и высших животных в норме (имеются в виду здоровые организмы) управляется высшим отделом центральной нервной системы — большими полушариями вместе с ближайшей подкоркой, то изучение высшей нервной деятельности этих отделов нервной системы в нормальных условиях методом условных рефлексов и должно привести к познанию истинных типов нервной деятельности, основных образцов поведения человека и высших животных.

И. П. Павлов делил типы нервной системы на общие, встречающиеся у людей и у животных, и частные, свойственные только людям.

**Общие типы нервной системы.** На основе многолетних работ школы И. П. Павлова было установлено существование у собак четырех типов нервной системы. Типом нервной системы называется индивидуальная характеристика нервной системы по трем основным признакам: 1) силе возбуждения и торможения, 2) соотношению, или уравновешенности, возбуждения и торможения между собой и 3) подвижности возбуждения и торможения, которая характеризуется скоростями их иррадиации и концентрации, скоростью образования условных рефлексов и др.



Первый тип — сильный (сильное возбуждение и сильное торможение), неуравновешенный, с преобладанием возбуждения над торможением, возбудимый, безудержный.

Второй тип — сильный, вполне уравновешенный, инертный, малоподвижный, медленный.

Третий тип — сильный, вполне уравновешенный, очень живой, подвижной тип.

Четвертый тип — слабый, со слабым возбуждением и торможением, легко тормозимый. Легкая тормозимость этого типа обусловлена как слабым и легко иррадиирующим внутренним торможением, так и, особенно, внешним торможением под влиянием незначительных посторонних раздражителей.

Эта схема, установленная в опытах на животных, приблизительно совпадает с классической систематизацией темпераментов, обнаруженной на людях еще Гиппократом.

Первый тип приблизительно соответствует — холерику, второй — флегматику, третий — сангвинику и четвертый — меланхолику. Школа И. П. Павлова дала элементарные, простейшие биологические основы темперамента, который характеризуется главным образом силой нервных, а следовательно, и взаимосвязанных с ними психических процессов, их взаимоотношением и скоростью их протекания. Однако темперамент человека не равен типу его нервной системы. Темперамент человека, несомненно, связан со свойствами нервной системы, характеризующими тип. Но формы поведения человека определяются не отдельными раздражителями, а явлениями природы и общества, предметами и людьми, которые имеют определенное объективное значение и вызывают со стороны человека то или иное к себе отношение, обусловленное его воспитанием, убеждениями, мировоззрением. Поэтому при характеристике темперамента у человека необходимо исходить не только из функциональных особенностей его нервной системы, а прежде всего из условий его жизни в обществе определенной исторической эпохи, в определенном социальном строе и из его практической общественно-трудовой деятельности.

Необходимо учесть, что деление на типы высшей нервной деятельности — это только схема, что только у немногих людей имеются указанных четыре темперамента в относительно чистом виде. У большинства людей черты одного темперамента сочетаются с чертами другого темперамента. Только лишь у некоторых индивидуумов четко выступают черты определенного типа нервной системы, а у большинства людей эти черты весьма неотчетливы, и определить у них тип нервной системы затруднительно.

От типа нервной системы при других равных условиях зависит различная скорость выработки условных рефлексов, раз-



личные величины условных рефлексов и их прочность, различия скорости иррадиации и концентрации возбуждения и торможения, разная устойчивость к действию факторов, вызывающих нарушения высшей нервной деятельности, и приспособленность к различным воздействиям внешней среды. Тип нервной системы определяет не только сокращения скелетных мышц, внешнее поведение животного организма, но и характер деятельности его внутренних органов.

**Частные типы нервной системы.** Кроме общих типов нервной системы, И. П. Павлов предложил схему деления типов нервной системы людей на частные, человеческие. Это деление основано на том, что у некоторых людей (первый тип) — первая сигнальная система преобладает над второй сигнальной системой и, наоборот, у людей второго типа вторая сигнальная система преобладает над первой. У среднего типа нервной системы человека обе сигнальные системы имеют приблизительно одинаковое значение.

**Первый тип «художественный».** Он характеризуется повышенной впечатлительностью, склонностью к образному, конкретному мышлению, к художественной деятельности. Следует учесть, что у «художественного» типа имеется развитая вторая сигнальная система, совершенное абстрактное мышление.

**Второй тип «мыслительный».** Он характеризуется склонностью к абстрактному, отвлеченному мышлению, умственной деятельности, отличается малой впечатлительностью, осторожностью, продуманностью и взвешенностью поступков. Однако у него имеется образное, конкретное мышление, он не оторван от действительности.

**Средний тип** соединяет работу обеих систем в должной мере.

Нормальное мышление возможно лишь при неразрывном участии обеих сигнальных систем: первой и второй. Степень соотношения обеих сигнальных систем чрезвычайно разнообразна у разных людей.

Обе сигнальные системы являются функцией органов чувств и всей нервной системы в целом, т. е. одних и тех же органов.

Обе системы являются анатомо-физиологической основой речевой функции, конкретного и абстрактного мышления. Конкретное и абстрактное мышление людей тесно связано между собой и неотрывно от своей анатомо-физиологической основы. Поэтому и их анатомо-физиологическая основа — первая и вторая сигнальные системы, как их схематически называл И. П. Павлов, — сложно взаимосвязаны. Эту связь не следует упрощать, представляя первую и вторую сигнальные системы оторванными одну от другой, самостоятельно существующими и только внешне, механически связанными между собой. Такое



упрощенное представление приводит к превращению рабочей схемы деления людей по физиологическим признакам на частные типы в закон природы и общества.

При пользовании схемой деления людей на типы высшей нервной деятельности необходимо учитывать, что человек отображает мир в двух формах: 1) воспринимая непосредственное действие раздражителя внешнего мира и 2) воспринимая речь, сигнализирующую эти непосредственные раздражители.

## 18. ВОСПИТАНИЕ ТИПОВ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Типы нервной системы не остаются неизменными после рождения. Так как организм со дня рождения подвергается разнообразнейшим воздействиям обстановки, то, по И. П. Павлову, окончательно складывается характер как сплав из врожденных черт нервной системы (типа) и изменений ее свойств, обусловленных внешней средой, которые часто закрепляются на всю жизнь.

Образ поведения человека обусловлен не только врожденными свойствами нервной системы, но и прежде всего теми влияниями, которые действовали и постоянно действуют на организм во время индивидуального существования, т. е. зависит от постоянного воспитания и обучения в самом широком смысле этих слов. Поэтому если дело идет о природном, врожденном типе нервной системы, то необходимо учитывать все те влияния, под которыми был со дня рождения и теперь находится данный организм.

Следовательно, типы нервной системы у детей отличаются непостоянством. Они определяются главным образом воспитанием и изменяются им. Например, в результате систематической тренировки, практики торможения можно до известной степени изменить сильный неуравновешенный тип, сделать его более уравновешенным. Слабый тип труднее поддается изменениям.

## 19. ЗНАЧЕНИЕ ВОСПИТАНИЯ И ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Изучение условных рефлексов у детей показало, что они отличаются у них особенной стойкостью и сохраняются в течение многих лет. Высшая нервная деятельность детей проявляется в их поведении.

По мере развития детей и появления у них речи их поведение не исчерпывается, как у животных, условными рефлексами на непосредственные изменения внешней среды, в основном на предметы и явления природы. Поведение ребенка формируется в процессе обучения и воспитания.



Коммунистическое сознание и сознательность ребенка определяются условиями его жизни в советском обществе, которые формируют его психику.

Решающая роль в поведении ребенка принадлежит коммунистическому воспитанию, основой которого является трудовое воспитание. Труд на благо общества — священная обязанность каждого человека, к которой ребенок готовится с раннего детства. В процессе обучения и воспитания у детей формируются диалектико-материалистическое мировоззрение и нормы и идеи коммунистической морали, выражающие интересы и идеалы трудящегося человечества.

В процессе обучения и трудового воспитания совершенствуются физиологические механизмы поведения детей, их речевой функции и психики. Эти физиологические механизмы состоят из условных и безусловных рефлексов первой и второй сигнальных систем, составляющих высшую нервную деятельность.

Рациональная организация обучения и воспитания с целью всестороннего, гармонического развития умственных и физических сил ребенка, достижения им физического совершенства основана на знании и использовании возрастных особенностей высшей нервной деятельности.

## 20. УТОМЛЕНИЕ И ПЕРЕУТОМЛЕНИЕ

**Утомление.** Утомление — отсутствие или снижение работоспособности всего организма или отдельных органов и систем органов в результате произведенной работы.

Хотя утомление и торможение внешне проявляются в отсутствии работы — это два разных физиологических процесса, существенно отличающихся друг от друга (см. торможение на стр. 55—58, 67—72).

Различается умственное и физическое утомление. Следовательно, утомление вызывается и умственным и физическим трудом. Утомление является нормальным физиологическим состоянием.

Деление на умственное и физическое утомление условно, так как умственный труд связан с физическим и наоборот. В процессе труда соединяются умственный и физический труд. Оба вида утомления обусловлены изменением функций головного мозга, сдвигами и нарушениями обмена веществ и состава ионов в нервных клетках, в синапсах и в мионевральных аппаратах. Эти изменения наступают в результате произведенной работы и проявляются в снижении функций нервных клеток и нарушении проведения нервных импульсов в синапсах и мионевральных аппаратах. Нервы почти не утомляются. Они могут проводить нервные импульсы без утомления в течение многих часов (Н. Е. Введенский).



В головном мозге утомление прежде всего возникает в воспринимаящих областях больших полушарий, в мозговых областях анализаторов, в которые поступают центrostремительные импульсы из рецепторов органов чувств. При утомлении падает также возбудимость рецепторов, органов чувств.

Физическое утомление является сначала следствием изменений функций нервной системы, а затем уже функции скелетных мышц.

Чем моложе ребенок, тем быстрее и легче он утомляется. В грудном возрасте утомление наступает после 1,5—2-часового бодрствования.

В наступлении утомления у детей значительную роль играет однообразие их деятельности. У дошкольников и младших школьников утомление наступает быстрее, если возрастает участие умственной деятельности при физической работе. Дети больше взрослых утомляются при неподвижности, при длительном торможении движений. Нарушения внешнего и прежде всего внутреннего торможения ухудшают внимание и умственную деятельность, вызывают двигательное беспокойство, а у детей младшего возраста — сон.

Физическое утомление проявляется в уменьшении высоты сокращений мышц и в развитии длительных укорочений мышц, в их неспособности к полному расслаблению (контрактуры).

Скорость наступления утомления зависит от величины нагрузки (веса поднимаемого груза) или преодолеваемого сопротивления в килограммах при одном и том же ритме и от частоты ритма и его равномерности при одной и той же нагрузке. Увеличение груза и учащение ритма ускоряют наступление утомления.

Физическое утомление связано с понижением функций проприоцепторов, т. е. рецепторов двигательного аппарата, возбуждающихся при сокращениях скелетных мышц и являющихся начальным звеном рефлекторной регуляции их напряжения и интенсивности сокращения. Потеря работоспособности двигательного анализатора в больших полушариях играет значительную роль в расстройствах движений при утомлении.

В развитии утомления существенная роль принадлежит также изменениям функционального состояния вегетативного отдела нервной системы, что проявляется в функциональных нарушениях регуляции обмена веществ, кровообращения, дыхания и других вегетативных функций. Скорость развития утомления зависит главным образом от работоспособности системы кровообращения, в особенности сердца, и дыхательной системы.

Таковы врожденные, безусловнорефлекторные механизмы утомления. Кроме того, утомление вызывается и путем образования приобретенных, условных рефлексов.



Обстановка, в которой многократно возникало утомление, может стать условным комплексным раздражителем, вызывающим признаки утомления и без предшествующей работы. Например, если ребенок многократно подвергался очень сильному утомлению в учебной мастерской или в спортивном зале, то только приход его в эту мастерскую или спортивный зал вызывает признаки утомления еще до начала работы или в начале легкой работы, ранее не вызывавшей утомления. Изменение обстановки, в которой многократно возникало утомление, или многодневный, длительный отдых приводят к исчезновению этого условного рефлекса на утомление.

При утомлении возникает усталость — чувство утомления, т. е. ощущения, переживания, обусловленные наступившими изменениями функций нервной системы.

Усталость не всегда соответствует утомлению. Работа, производимая с сознанием цели, с большим интересом, вызывает положительные эмоции и меньшую усталость. Наоборот, когда работа производится без интереса, усталость наступает раньше и она больше, хотя признаки утомления отсутствуют.

Если же работа была интересной и не вызывала усталости, то обстановка, в которой она производилась, не вызывает усталости и утомления.

**Развитие умственного утомления у детей и его предупреждение.** Утомление при умственном труде детей возникает при нарушении норм оптимальной учебной нагрузки, которые различны для разных возрастов. Особенно утомительны уроки математики, русского и иностранных языков. Умственная работоспособность школьников — восприятие, усвоение и закрепление в памяти учебного материала зависит от условий обучения и воспитания и от режима учебного процесса: учебного расписания, в котором предусмотрено количество уроков, их определенное распределение по степени трудности предметов, длительность перемен между уроками. На умственную работоспособность влияют: продолжительность уроков и их планирование, продолжительность учебного дня, включая время, отведенное на домашние задания, продолжительность учебного года и каникул, организация питания в школе, гигиенические условия в классе и др.

Существенное значение для умственной работоспособности имеет режим дня школьника, в котором предусмотрено чередование умственной работы с физическим трудом, спортом, играми, отдыхом, а также систематическая тренировка, предусматривающая постепенный переход от решения менее трудных задач к более трудным. Имеются также индивидуальные различия в оптимальной умственной работоспособности у детей одинакового возраста. Поэтому оптимальные нормы умственной работы относительны. У дошкольников непрерывные заня-







Таблица 1

## Размеры инструментов (в мм) для школьных мастерских

Вид инструментов	Возраст школьников (в годах)		
	7—11	12—15	15 и старше
Пила лучковая, длина полотна . . .	600	700	750
Длина ручки . . . . .	300	350	350
Ширина » . . . . .	30	32	34
Толщина » . . . . .	14	15	16
Рубанок, длина колодки . . . . .	210	232	350
ширина » . . . . .	48	52	55
высота » . . . . .	48	52	60
длина железки . . . . .	140	160	Обычная
ширина » . . . . .	32	40	45
толщина » . . . . .	3—4	4—5	Обычная
Долото, длина железки . . . . .	100	100	»
ручки . . . . .	100	110	120
ширина » . . . . .	20	30	33
толщина » . . . . .	18	20	22
Напильники средней величины . . .	—	100—250	250
Молоток, ударная часть . . . . .	20	25—30	25—30
длина ручки . . . . .	240	300	330
Клещи, общая длина . . . . .	150	180	200
Раствор ручек при закрытых клещак . . . . .	25	36	36
Длина клещей от середины заклепки до рабочего края . . . . .	26	30	30
Длина рабочего края . . . . .	15	20	23

Таблица 2

## Размеры лопат (в мм)

Возраст школьников (в годах)	Длина ручки	Диаметр ручки	Размер лотка
8—9	600—650	30	210×140
10—12	650—700	30	240×140
13—14	720—750	32—35	250×170
15—17	770—800	32—35	250×200

Таблица 3

## Размер граблей (в мм)

Грабли	Расстояние между зубьями	Длина зубьев	Диаметр ручки	Длина ручки
Железные с 8 зубьями	27—30	54	23	Рост работающего плюс 8—10 см
Железные с 10 зубьями	27—30	64	25—27	Рост работающего плюс 18—30 см
Деревянные с 7 зубьями	27—30	64	25	
Деревянные с 9 зубьями	27—30	64	25—27	



При проведении трудового обучения детей следует учесть рациональную, соответствующую возрасту смену труда и отдыха, например младшие школьники через 10—15 минут, а подростки через 15—25 минут должны иметь 2—3 минуты перерыва для отдыха при работе средней тяжести.

Статическая работа является значительно более утомительной, чем динамическая. Она резко снижает величину положительных условных рефлексов, а также безусловных рефлексов. Статическая работа, как и динамическая, при значительном утомлении вызывает усиление внутреннего торможения и гипнотические фазы. Сразу после статической работы, по-видимому, вследствие индукции с кинестетического анализатора больших полушарий на внутренний анализатор, наступает кратковременное повышение вегетативных функций — обмена веществ, кровообращения, дыхания и др.

В результате динамической работы у многих юношей и девушек 15—18 лет после спортивных соревнований (велосипедный спорт, плавание, бег) происходит изменение условных двигательных рефлексов (отсутствуют положительные рефлексы и растормаживаются отрицательные условные рефлексы). Однако временные нарушения высшей нервной деятельности у детей наблюдаются только после физической работы большой интенсивности.

Умеренная физическая работа, соответствующая возрасту (уроки труда, физического воспитания и др.), наоборот, улучшает высшую нервную, а также умственную деятельность детей.

**Активный отдых.** И. М. Сеченов обнаружил, что, когда работа производится поочередно правой и левой рукой, утомление наступает позднее, чем в том случае, если работа производится только одной рукой с перерывом для отдыха.

Таким образом, активный отдых лучше восстанавливает работоспособность, чем пассивный отдых в условиях полного покоя и отсутствия работы.

Преимущество активного отдыха над пассивным отдыхом объясняется следующими физиологическими процессами.

При длительной работе одной рукой, например правой, в двигательной области больших полушарий возникает очаг возбуждения. Нервные клетки в этом очаге постепенно истощаются и постепенно снижают, а затем прекращают свою деятельность, что и приводит к потере работоспособности — утомлению мышц правой руки. Когда человек начинает производить работу другой, левой, рукой, то в другом участке двигательной области больших полушарий по соседству с первым участком, переставшим функционировать, возникает очаг возбуждения. Возбуждение этого участка, обеспечивающего работу мышц левой руки, вызывает по одновременной индукции торможение



в соседнем участке правой руки. Так как торможение усиливает восстановительные обменные процессы, то выбывший из строя двигательный участок правой руки быстрее восстанавливает свою работоспособность, чем в том случае, когда он не функционирует при пассивном отдыхе.

Умственная работа после наступившего физического утомления также является формой активного отдыха и вследствие индукции торможения в двигательном анализаторе быстрее восстанавливает его работоспособность, чем при пассивном отдыхе.

Дозированные физические упражнения (физкультпауза), проводимые на общеобразовательных уроках во второй половине учебного дня в течение 3 минут, больше восстанавливают умственную работоспособность школьников, чем пассивный отдых той же продолжительности. У младших школьников эти дозированные физические упражнения оказываются более эффективными в уменьшении умственного утомления, чем у старших школьников (Н. А. Фомин).

Следует учесть, что преимущество активного отдыха над пассивным обнаруживается не у всех индивидуумов. Например, не у всех детей в периоде полового созревания, характеризующемся неустойчивостью функций нервной системы, активный отдых при физической работе быстрее восстанавливает работоспособность.

**Влияние на утомление вегетативной нервной системы и эмоций.** Доказано, что физическое утомление снижается и даже снимается полностью возбуждением симпатической нервной системы (Л. А. Орбели) или введением гормона адреналина (У. Кеннон).

Симпатическая нервная система регулирует обмен веществ во всех отделах нервной системы, включая большие полушария, в органах чувств и в скелетных мышцах (адапционно-трофическое влияние — Л. А. Орбели). При ее возбуждении из надпочечников поступает в кровь адреналин, который действует аналогично симпатической нервной системе. В результате улучшается обмен веществ в нервной системе, в рецепторах и мышцах, ускоряется и усиливается работа сердца, возрастает кровяное давление, учащается и углубляется дыхание, что повышает снабжение мышц кислородом и происходят изменения других вегетативных функций, приводящие к снятию или уменьшению утомления, повышению работоспособности.

Задержка в наступлении утомления и повышение работоспособности происходят при положительных эмоциях, которые рефлекторно вызываются в больших полушариях головного мозга. При положительных эмоциях вегетативные центры больших полушарий и подкорковые вегетативные центры осуществляют



влияют трофические влияния на нервную систему, рецепторы и скелетные мышцы, повышающие их работоспособность, а также изменяют функции внутренних органов (кровообращения, дыхания и др.), повышающие работоспособность всего организма.

Основную роль в повышении работоспособности при положительных эмоциях выполняют симпатическая нервная система, адреналин, тироксин и другие гормоны.

Восстановление работоспособности происходит при активном участии парасимпатической нервной системы.

Дети отличаются повышенной эмоциональностью по сравнению со взрослыми.

У детей 12—15 лет, обучающихся в школе-интернате, обнаружено, что раздражение кожи лица холодом рефлекторно снимает умственное утомление, вызванное 5—6 часами учебной работы в классе, создает чувство бодрости и свежести, нормализует высшую нервную деятельность.

Этот факт также может быть объяснен возникновением индукционного торможения, как и в случае активного отдыха, снимающего утомление нервных клеток больших полушарий.

Нервная система детей и их организм в целом для своего всестороннего полного развития и нормального функционирования нуждаются в умеренных умственных и физических упражнениях.

Нормальные гигиенические условия в школе и семье, рациональный режим дня, включающий смену труда и отдыха, рациональное питание, достаточный сон, осмысленный, интересный умственный и физический труд и нечрезмерные физические упражнения, соответствующие возрасту, способствуют умственному и физическому развитию детей и не вызывают утомления и усталости. Напротив, чрезмерное и многократно повторяемое умственное и физическое напряжение приводит к переутомлению.

**Развитие переутомления и его предупреждение.** Переутомление представляет собой хроническое утомление в результате того, что при многократном повторении умственной и физической работы без достаточного интервала и активного или пассивного отдыха наступающее утомление суммируется с остатком утомления от предшествовавшей работы. Переутомление представляет собой не нормальное физиологическое явление как утомление, а нарушение функций организма.

Переутомление может наступать при суммировании утомления, возникающего при непосильном по возрасту умственном и физическом труде, при многократных повторных, чрезмерно частых или интенсивных физических упражнениях, т. е. в результате перетренировки, особенно у слабого типа нервной системы.



Оно является следствием нарушения смены работы и отдыха, нарушения режима тренировки, результатом чрезмерной сложности и передозировки умственных и физических упражнений, их однообразия и монотонности или, наоборот, чрезмерного насыщения эмоциями.

Так как образование и особенно переделка двигательного динамического стереотипа представляют большой труд для нервной системы, то физиологической основой переутомления при умственном и физическом труде и физических упражнениях является прежде всего нарушение функций больших полушарий, высшей нервной деятельности, а также связанного с ней нарушения низшей нервной деятельности.

Антигигиенические условия учебного и трудового процессов и внешней среды, нарушения питания способствуют наступлению переутомления.

Переутомление проявляется в хроническом нарушении психической деятельности: ослаблении восприятий, внимания, усвоения, памяти, мышления и др. У детей при переутомлении появляются хронические головные боли, большая раздражительность, апатия, вялость, днем сонливость, нарушение сна ночью и бессонница, ухудшение аппетита, мышечная слабость. Дети не желают учиться, заниматься физическим трудом, физической культурой и спортом, особенно тем его видом, который вызвал переутомление.

Наблюдается также нарушение соответствия вегетативных функций производимой мышечной работе, потеря аппетита, снижение обмена веществ и падение веса тела, учащение, а иногда значительное замедление сердцебиений, понижение кровяного давления, уменьшение дыхательного объема и др.

Переутомление может привести к нервным и психическим заболеваниям. Поэтому нужно предупреждать его появление.

Рациональный режим и новый ритм работы, прием углеводов и витаминов, особенно А, В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, РР и С, перерыв в умственных и физических занятиях, переключение на новый, интересный вид умственной и физической работы и спорта, активный отдых, а также перевод в другую обстановку умственного и физического труда, увеличение времени пребывания на свежем воздухе и сна устраняют переутомление.

## 21. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТРЕНИРОВКИ

**Тренировка** — планомерное, систематическое и постепенное использование умственных занятий и физических упражнений в нормальных гигиенических условиях для всестороннего совершенствования психических и физических свойств организма и повышения его работоспособности в умственном и физическом труде.



Физиологической основой тренировки является развитие и улучшение функций нервной системы, высшей и низшей нервной деятельности.

В результате тренировки сокращается скрытый период рефлексов, время прохождения нервных импульсов в каждом синапсе уменьшается с 0,002 до 0,0004 секунды, увеличивается подвижность нервного процесса, сокращается индукционный переход возбуждения в торможение и обратно и увеличивается сила обеих форм нервного процесса. Поэтому облегчается и совершенствуется переключение от одних рефлексов к другим, ускоряется образование условных рефлексов, условные и безусловные рефлексы нормализуются и улучшаются в соответствии с изменяющимися условиями внешней среды, улучшаются осуществление и координация двигательных и вегетативных функций. Тренировка приводит к улучшению трофической функции нервной системы. В результате повышается работоспособность и уменьшается утомляемость.

Тренировка повышает тренируемость нервной системы, т. е. способность к дальнейшему совершенствованию ее функций. Это приводит к прогрессирующему увеличению тренированности организма, т. е. к возрастанию положительных результатов тренировки.

Исключительное значение для тренировки имеют психические факторы: целеустремленные, сознательные, волевые действия тренируемого и воздействия на его поведение посредством слов, инструкций, команд, поощрений, внимания и т. п. Физиологические изменения под влиянием психических воздействий у тренированных, как правило, больше, чем у нетренированных.

Исключительное значение имеют индивидуальный подход к тренируемому и соответствие тренировки возрастным особенностям детей.

## 22. БИОТОКИ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ

В головном мозге происходят интенсивные процессы обмена веществ, в которых изменяется обмен ионов. При передвижении ионов возникает разность потенциалов между отдельными участками головного мозга, которая обычно равняется 50 и редко превышает 200 микровольт. Посредством осциллографов можно регистрировать электрические биотоки головного мозга. Запись этих биотоков называется электроэнцефалограммой. На электроэнцефалограмме взрослого человека различают 5 основных типов волн: 1) почти регулярные колебания биотоков головного мозга, находящегося в бодрствующем покое, когда нет раздражений органов чувств и внимание ни к чему не привлечено, — альфа-ритм. Этот основной ритм равен 8—13, в среднем 10 колебаниям в секунду, напряжение —



10—50, редко до 100 микровольт; 2) более быстрые, малые волны, ритм которых 14—35 колебаний в 1 секунду, напряжение до 30 микровольт — бета-ритм. Они характерны для деятельного состояния головного мозга; 3) гамма-ритм — с частотой колебаний 35—55 и больше в секунду, появляющейся при очень сильном возбуждении; 4) дельта-ритм — 2—3 колебания в секунду, наблюдается во время сна или при нарушениях деятельности больших полушарий; 5) тета-ритм — от 4 до 8 в секунду, наблюдается при эмоциях и при некоторых изменениях обмена веществ, связанных с иммунитетом.

Возникновение разных ритмов в группе нейронов или определенных областях головного мозга обозначается как десинхронизация, а коррелирование ритмов или одинаково направленные по фазе и длительности колебания потенциалов — синхронизация. Синхронизация появляется при иррадиации синхронных колебаний возбудимости множества нейронов.

Так как тип волн биотоков головного мозга зависит не только от функционального состояния нейронов коры, но и от их строения и расположения в разных корковых полях и областях, которые с возрастом значительно изменяются и дифференцируются, то у детей существуют значительные возрастные различия электроэнцефалограммы.

Появление биотоков у новорожденных детей в отдельных областях головного мозга происходит с началом их функционирования. Во всех областях больших полушарий они нерегулярны. В двигательной области они могут быть отчетливо обнаружены на 7—9-й день, а в зрительной — через 3—4 недели, когда ребенок начинает узнавать предметы и хватать их.

У новорожденных до 10-го дня жизни в двигательной области преобладают медленные, нерегулярные колебания биотоков 2—3 в секунду, реже 6—10 в секунду и очень редко 20 в секунду.

При пробуждении новорожденных, в результате возбуждения пищевого центра, начинает преобладать ритм 30—40 в секунду.

К 3—4 месяцам колебания биотоков становятся более регулярными и увеличивается их амплитуда. Иногда появляется ритм 7—13 в секунду. Однако медленный ритм 4—5 в секунду (тета-ритм) сохраняется до 11—12 лет. У детей бета-ритм 18—22 в секунду имеет более низкую амплитуду. Более быстрые волны редко появляются до 18—25 лет.

В раннем детстве в затылочной области нет альфа-ритма, характерного для взрослых; а нормальным является тета-ритм. У ребенка 8 лет ритм 8—9 в секунду перемежается с ритмом 4—5 в секунду. Однако для детей 8—9 лет характерен альфа-



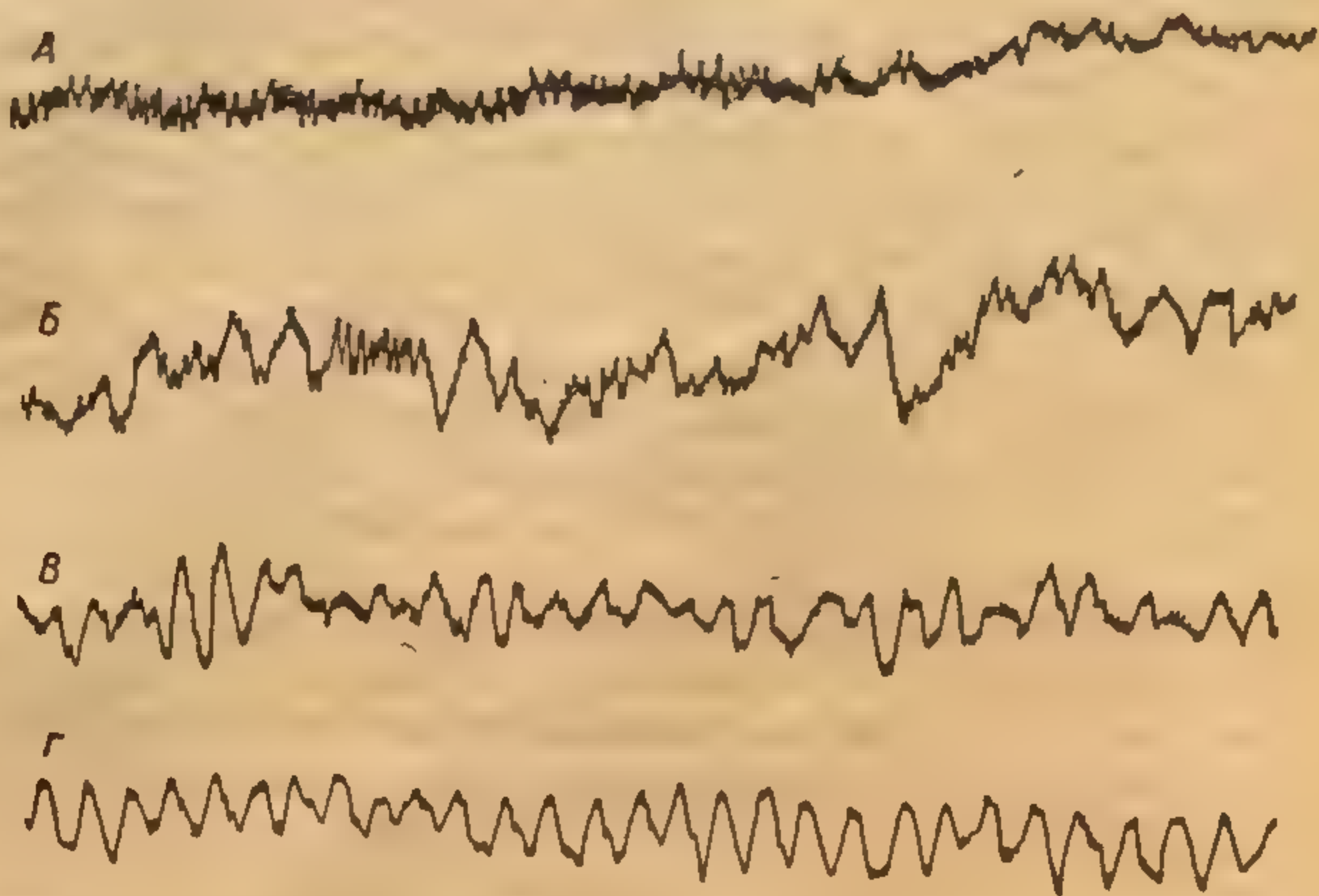


Рис. 22. Становление альфа-ритма у детей (по Коган и Штейнбух):  
А — ребенок 6 месяцев; Б — 2,5 лет; В — 10 лет; Г — 15 лет.

ритм 6—10 в секунду. При пробуждении у них происходит переход от дельта-ритма к этому ритму. С 10 лет тета-ритм уже не маскирует альфа-ритма, но в 9—12 лет еще наблюдаются колебания 4—6 в секунду.

С возрастом происходят закономерные изменения биотоков в состоянии бодрствующего покоя — увеличиваются средняя частота и амплитуда альфа-ритма, уменьшается выраженность тета- и бета-ритмов.

Характерный для взрослого в бодрствующем покое альфа-ритм устанавливается к 12—16-летнему возрасту. Например, альфа-ритм хорошо выражен в затылочной области у детей 3—4 месяцев у 35%, 6 лет — 84%, 7—11 лет — 87%, а 12—16 лет — 95%. Соответственно у детей тех же возрастов выраженность бета-ритма — 82%, 40%, 17% и 0% (Коган и Штейнбух, рис. 22).

Однако электроэнцефалограмма у детей 13—16 лет отличается большой изменчивостью и имеет особенности. Максимальная частота альфа-ритма, несколько превышающая среднюю частоту у взрослых (11—12 в секунду), наблюдается у мальчиков к 12—13 годам, а у девочек — к 16—17 годам. У детей 13—16 лет еще отсутствует единый, основной ритм во всех областях головного мозга, характерный для взрослых. Биотоки затылочной, теменной, височной и лобной областей у них различны. Но, по сравнению с детьми 9—12 лет, выраженность альфа-ритма в этих областях у них больше. Отсутствие едино-



го ритма, вероятно, объясняется тем, что в 13—16 лет еще не установились связи между анализаторами. Различия ритма в разных областях обусловлены их разным строением и функцией.

Для здоровых детей характерна большая изменчивость электроэнцефалограммы, что отличает их от взрослых. У детей не обнаружено соответствия между характером биотоков головного мозга и их умственным развитием.

При афферентных раздражениях значительно уменьшается доминирование альфа-ритма во всех областях коры, особенно в лобных и теменных.

Головной мозг детей 3—6 лет на действие светового раздражителя реагирует снижением основного ритма. В этом возрасте головной мозг обладает высокой возбудимостью и относительно низкой реактивностью.

У детей 7—8 лет при действии светового раздражителя нарастающей интенсивности основной ритм не изменяется, а происходит изменение амплитуды колебаний.

При действии кинестезических раздражений десинхронизация в двигательном анализаторе менее продолжительна и менее четко выражена по сравнению со взрослыми.

В 12—13 лет на основании электроэнцефалограммы можно считать, что возбудимость больших полушарий снижается, а реактивность возрастает.

У школьников 14—16 лет в начале статической работы наблюдается десинхронизация, которая сохраняется на всем ее протяжении. Динамическая работа после десинхронизации вызывает синхронизацию во время пассивной части движения. Каждое новое движение в процессе динамической работы снова приводит к десинхронизации.

Систематические физические упражнения изменяют у детей электроэнцефалограмму. Например, обнаружено, что у детей 13—15 лет, систематически занимавшихся легкой атлетикой, характер биотоков головного мозга при отведении от затылочных и височных областей существенно изменялся в зависимости от вида тренировки.

У тренировавшихся с преимущественным развитием силы преобладал альфа-ритм частотой 9—10 колебаний в секунду, составлявший в среднем 45—54% от общего числа альфа-волн.

У тренировавшихся с преимущественным развитием выносливости альфа-ритмы частотой 9—10 и 11—12,5 колебаний в секунду были представлены одинаково и составляли в среднем по 35—48% от общего числа альфа-волн.

У подростков, у которых тренировались преимущественно скоростные движения, преобладал альфа-ритм в 11—12,5 колебаний в секунду, составлявший в среднем 50—56% от общего



числа альфа-волн. У них были выражены частые колебания (14—18 в секунду). Электроэнцефалограмма подростков со скоростной направленностью тренировки позволяет считать, что у них более высокая возбудимость и реактивность больших полушарий.

После длительного перерыва в тренировочных занятиях (летние каникулы) у подростков всех трех групп электроэнцефалограмма стала одинаковой, с преобладанием альфа-ритма в 10,5—12 колебаний в секунду (Т. Н. Макарова).

Эти факты свидетельствуют о том, что характер основного ритма у детей зависит от направленности физических упражнений.

ИНТЕЛИЗАТОРЫ (анализаторы)

АНАЛИЗАТОРОВ

Вопрос в том, как в организме человека происходит обработка информации, поступающей из внешнего мира, то в какой мере органы чувств передают информацию в мозг.

Мозг и его отделы: рецепторы, вестибулярный аппарат, органы чувств — исторически сложившейся механизм трудовой деятельности человека. Раздражители, поступающие в организм, вызывают у него различные реакции: обострение слуха, зрения, обоняния, вкуса, осязания, а также в результате раздражения рецепторов вестибулярного аппарата — зрительный аппарат и т.д.

Зрительный анализатор

Зрение у новорожденных и детей раннего возраста является самым важным анализатором, играющим главную роль в восприятии внешнего мира.



## **VI. АНАЛИЗАТОРЫ (органы чувств)**

### **1. РАЗВИТИЕ АНАЛИЗАТОРОВ**

Так как в ориентировании тела во внешнем мире, в его движениях определяющая роль принадлежит высшим органам чувств, расположенным в голове и воспринимающим изменения во внешнем мире, то в связи с усложнением функций и строения этих органов чувств в фило- и онтогенезе наибольшего развития у человека достигли большие полушария головного мозга.

Головной мозг и его воспринимающие орудия: глаза, уши, кожные рецепторы, вестибулярные аппараты, рецепторы двигательного аппарата, органы вкуса и обоняния и рецепторы внутренних органов — исторически развивались у людей в процессе общественно-трудовой деятельности.

У отдельного человека развитие и формирование ощущений, возникающих при раздражении рецепторов или органов чувств, связано с потребностями его трудовой деятельности и физическими упражнениями, например у людей, занимающихся музыкой, обостряется слух; у работников, производящих точные приборы, — зрение и осязание; у работников пищевой промышленности — обоняние, вкус; у пловцов возникает «чувство воды» — ощущение малейших изменений величины сопротивления воды в результате раздражения тактильного, температурного и проприоцептивного анализаторов; летное дело, гимнастика тренируют зрение и проприоцептивный анализатор, особенно вестибулярный аппарат. У детей анализаторы развиваются и тренируются с возрастом и условиями обучения и воспитания.

### **2. ЗРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР**

**Зрение у новорожденных.** У человека наиболее сложно устроен и наиболее тонко и совершенно функционирует зрительный анализатор, играющий ведущую роль во взаимоотношениях с внешним миром, в трудовой деятельности и обучении и в ряде физических упражнений, в которых требуются ориен-



тировка на местности и определение местоположения партнеров и предметов.

Глаз человека развивается из тех же клеток, что и головной мозг. Увеличение веса глаза и головного мозга с рождения до 20 лет совершается параллельно (см. рис. 4).

Строение глаза у детей отличается от глаза взрослого человека. У них глазные впадины и глазные яблоки относительно больше, чем у взрослых. Белковая (склера) и сосудистая оболочки тоньше, чем у взрослых, а роговица толще.

Глаза у новорожденных открываются только на короткое время: нередко один глаз открыт, а другой закрыт, и нет также согласованных движений век при закрывании и открывании глаз. С 10 дня жизни эта несогласованность постепенно сглаживается.

Согласованные движения век становятся постоянными на 1-м месяце, а их способность следовать за движениями глаз — на 2-м месяце. Защитный рефлекс смыкания век при приближении предмета к глазам появляется у ребенка к концу 2-го месяца жизни. Рефлекторное сжимание век при действии на глаз света появляется с 5-го месяца. Рефлекторное вздрагивание век при звуках встречается уже в первое время после рождения. Слезы при плаче отделяются через несколько недель после рождения.

Новорожденный не видит предметов, так как нервные пути к сетчатке и от сетчатки к большим полушариям у него еще не созрели. Для нормального развития глаза и его нервных путей необходимо действие на глаза света. До 2—3 месяцев поворот глаз вызывается у детей рефлекторно подкорковыми центрами, иннервирующими мышцы, поворачивающие глаза.

Уже в середине 2-й недели ребенок передвигает глаза от одного блестящего предмета на другой, но при этом поворачивает в сторону предмета не только глаза, но и голову.

Новорожденный не способен фиксировать взором предмет. Эта способность вырабатывается на 2-м месяце жизни (иногда позднее — до 5 месяцев).

У новорожденного движения глаз вслед за предметом иногда появляются до 3 недель, но они мимолетны и несовершенны. С 3—4 недель способность следить за предметом быстро совершенствуется и сочетается с общими движениями ребенка, движения глаз становятся более продолжительными. У некоторых детей способность отыскивать предмет глазами появляется после 3 месяцев.

Одновременно с выработкой способности фиксировать взор вырабатывается и способность производить сочетанные, координированные движения глаз.

Движения глаз новорожденного в первое время не координированы и совершаются независимо один от другого. Спо-



способность координировать движения глаз приобретается в результате упражнений с 6-го месяца или даже к концу 1-го года жизни. У здоровых детей некоординированные движения глаз наблюдаются еще некоторое время только во сне.

Глаза новорожденных характеризуются дальнозоркостью на 1—3 диоптрии, но уже в первые дни после рождения обнаруживается близорукость в 4—7 диоптрии вследствие непроизвольного напряжения аккомодации.

Приблизительно у 20% новорожденных встречаются кровоизлияния в сетчатку.

**Аккомодация у дошкольников и школьников.** У дошкольников и школьников благодаря более плоской форме хрусталика, более короткой его передне-задней оси, чем у взрослых, нередко встречается дальнозоркость. Хрусталик у них очень эластичен, поэтому они обладают гораздо большей способностью аккомодации, чем взрослые. Аккомодация развивается постепенно.

Возрастные изменения в функционировании глаза проявляются в изменении преломляющих свойств хрусталика, т. е. аккомодации, вследствие постепенной потери хрусталиком эластичности.

С возрастом изменяется ближайшая точка ясного видения или наименьшее расстояние предмета от глаза, на котором он еще отчетливо виден.

Одновременно изменяется с возрастом и объем аккомодации — прирост преломляющей способности хрусталика при принятии им максимально выпуклой формы (рис. 23).

Таблица 4

Изменение объема аккомодации с возрастом

Возраст в годах	Ближайшая точка от глаза в см	Объем аккомодации в диоптриях
10	7	14
15	8	12
20	10	10
25	12	8,5
30	14	7

**Близорукость и ее предупреждение.** Развитию близорукости (рис. 24) способствует чтение лежа или сидя с большим наклоном головы, что вызывает систематическое повышение кровонаполнения глаза и увеличение давления в нем, приводящее к увеличению глазного яблока и изменению фокусного расстояния.

Напряжение аккомодации, или длительное сокращение ресничной мышцы, увеличивающее преломление лучей света в



хрусталике, наблюдается при недостаточном освещении. Поэтому систематическое чтение или письмо в сумерки или в условиях невыполнения гигиенических норм освещения парты, классной доски и рабочего места способствует развитию близорукости. Чтение на близком расстоянии мелкого шрифта, обработка мелких деталей на производстве напрягают аккомодацию, вызывают переутомление ресничной мышцы и ее спазм и также способствуют развитию близорукости. Близорукость может быть и врожденной. Обычно при нарушении нормальных гигиенических условий она увеличивается в школьном возрасте от младших классов к старшим.

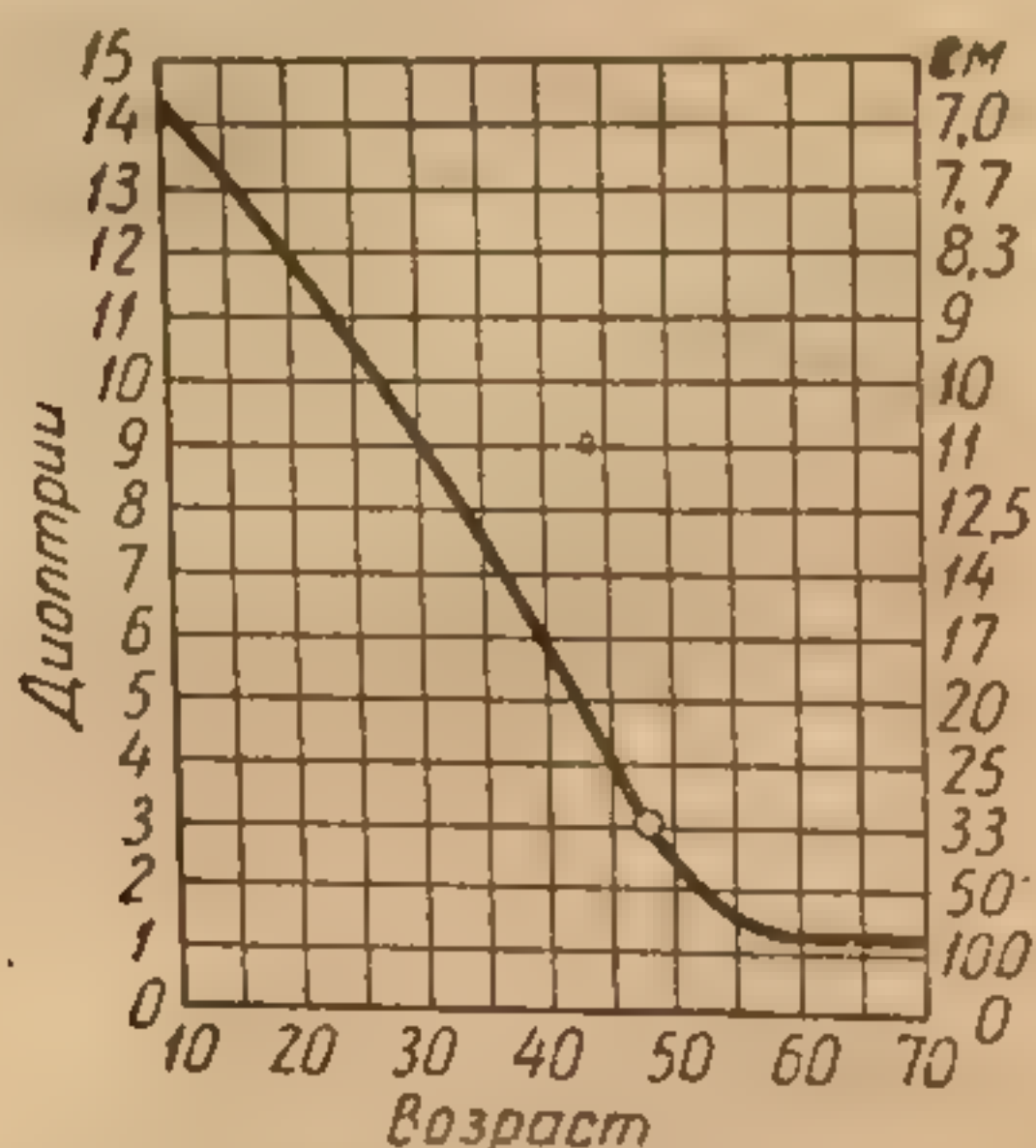


Рис. 23. Зависимость аккомодационной способности от возраста.

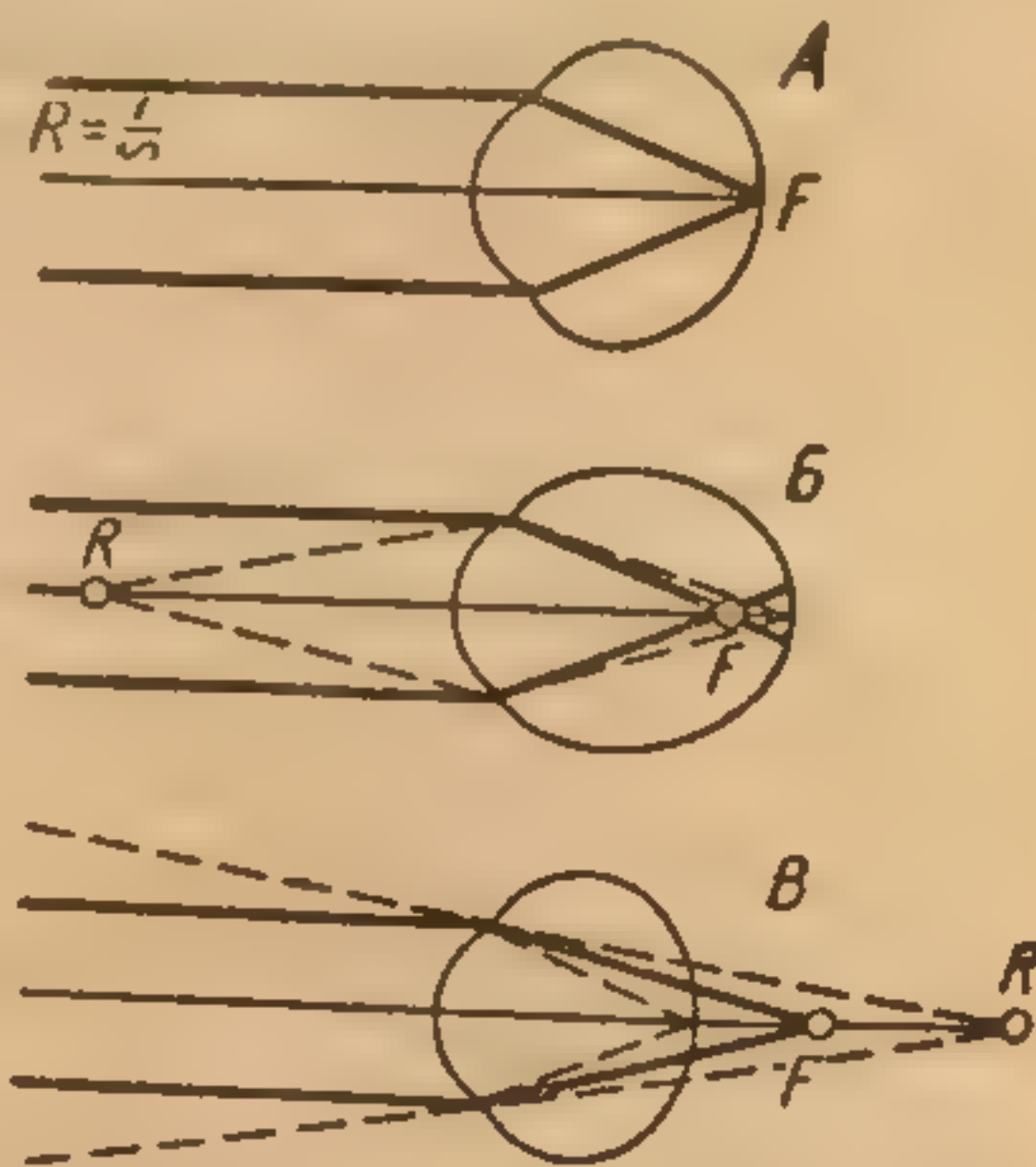


Рис. 24. Схема лучепреломления в глазу:  
А — нормальный глаз; Б — близорукий глаз; В — дальнозоркий глаз.

В тяжелых условиях она сопровождается повреждениями сетчатки, что ведет к падению зрения и даже к слепоте (при отслойке сетчатки). Поэтому необходимо своевременное назначение школьникам оптических стекол, исправляющих зрение, и общее укрепление организма школьника (физические упражнения, рациональное питание, включающее витамины, особенно витамин А, общие гигиенические мероприятия и т. д.).

Важное значение имеет соблюдение правил школьной гигиены: хорошее освещение классов, классных досок, парт и столов для занятий, правильное устройство парт, столов и сидений, четкий шрифт учебников, прямое письмо, 15—20-минутные перерывы в занятиях на каждый час чтения или письма, уменьшение общего числа учебных занятий, запрещение чтения или письма лежа или при наклонном положении головы.

**Возрастные изменения функции зрачков.** Зрачки у новорожденных уже, чем у взрослых. Диаметр зрачков постепенно уве-



личивается. Зрачки новорожденного и грудного ребенка обычно равномерны. На свет они реагируют содружественно. Сужение зрачков при действии на глаза света существует уже у 6-месячных плодов.

Рефлекторное сужение зрачка при действии на глаз сильного света изменяется с возрастом. К концу 1-го года сужение зрачка на свету равно 1,4 мм в диаметре, а к 6—12 годам — до 1,9 мм. При среднем освещении ширина зрачка у взрослого человека равна 2,5 мм.

Сужение зрачков при фиксировании взора на предмете отчетливо выступает с 4-й недели жизни. Степень расширения зрачка в темноте с возрастом увеличивается и к 6—12 годам достигает средней величины расширения зрачка у взрослого человека.

Расширение зрачков при действии звука встречается после 2 месяцев, а при раздражениях кожи — к концу 2-го месяца.

**Развитие зрительных ощущений у детей.** Светоощущения имеются с момента рождения. Даже 7-месячные недоношенные дети на 2-й день после рождения отличают свет от темноты. Восприятие пространства и формы предметов в первое время после рождения отсутствует и развивается в связи с сочетанием зрительных ощущений с осязательными и мышечно-суставными. При возвращении зрения слепым от рождения они не могут определять расстояния только по зрительным ощущениям, так как у них не могло выработаться сочетание этих ощущений с осязательными и мышечно-суставными (проприоцепцией).

Способность узнавать предметы по их изображениям на бумаге появляется у детей на 3-м году жизни.

Цветоощущения развиваются у детей постепенно. Порядок появления различения цветов не установлен. По мнению разных авторов, первой появляется способность ощущения красного, голубого, белого или желтого.

У некоторых детей реакция на новую форму предмета и на новый цвет появляется уже в 5 месяцев. Реакция на новую форму более постоянна, чем на новый цвет.

Дети дошкольного возраста вначале обращают внимание на форму предмета, потом на его размеры, а затем на цвет (Л. А. Орбели).

Острота зрения у детей и подростков больше, чем у взрослых. При продолжительном рассматривании мелких предметов острота зрения понижается, что также способствует развитию близорукости.

Поле зрения увеличивается после тренировки в малонапряженных играх в теннис, футбол, баскетбол и хоккей. Оно уменьшается, если после игры обнаруживается утомление. Ночное (периферическое) зрение, т. е. способность палочек сетчатки



глаза воспринимать световые раздражения, изменяется с возрастом. До 20 лет ночное зрение возрастает, а затем понижается (рис. 25).

Зрительный пурпур, содержащийся в палочках, возбуждение которых дает бесцветные светоощущения, состоит из белка опсина и пигмента ретинена, который является производным витамина А. Поэтому недостаток в пище витамина А, который

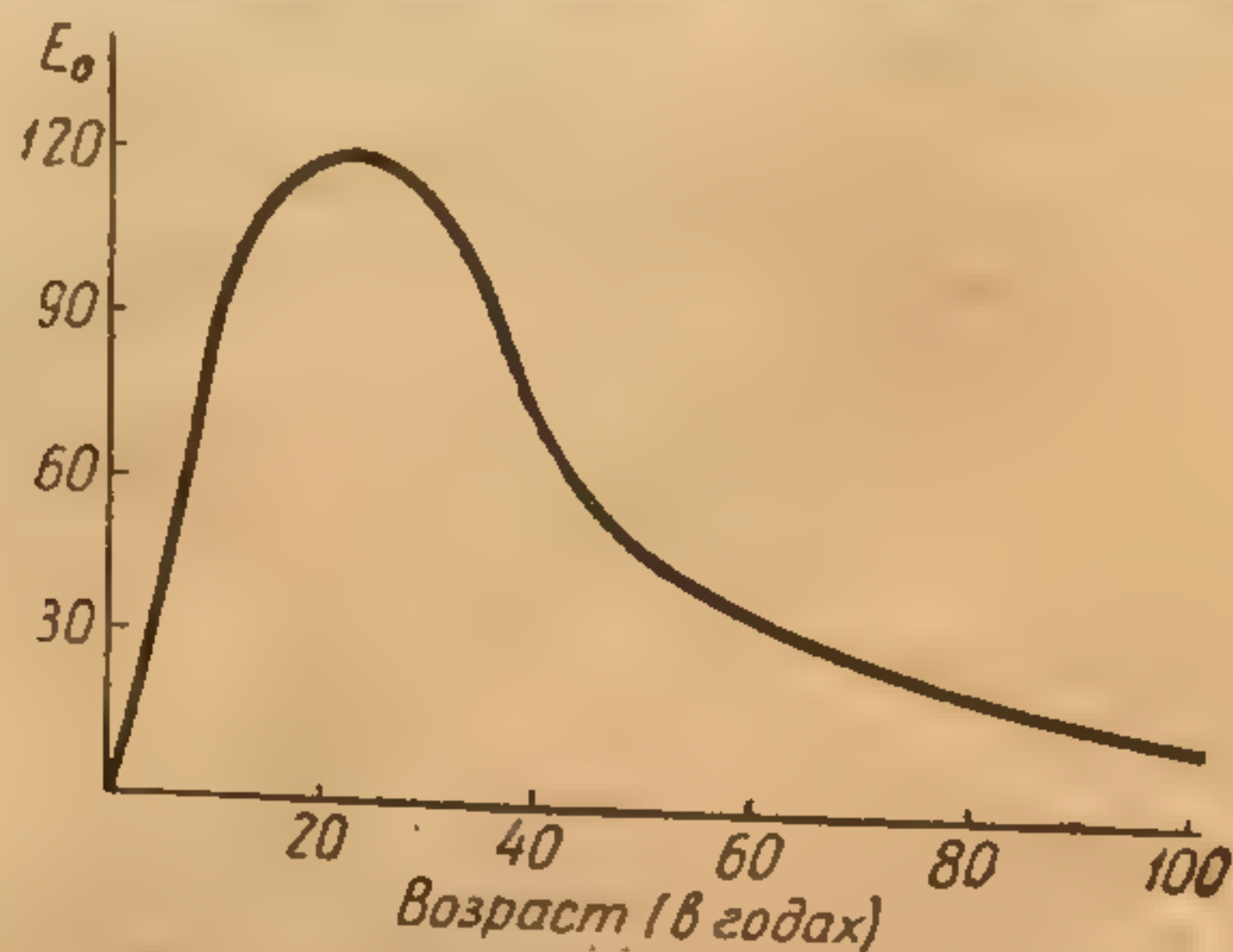


Рис. 25. Изменение чувствительности периферического зрения с возрастом. (по Лазареву).

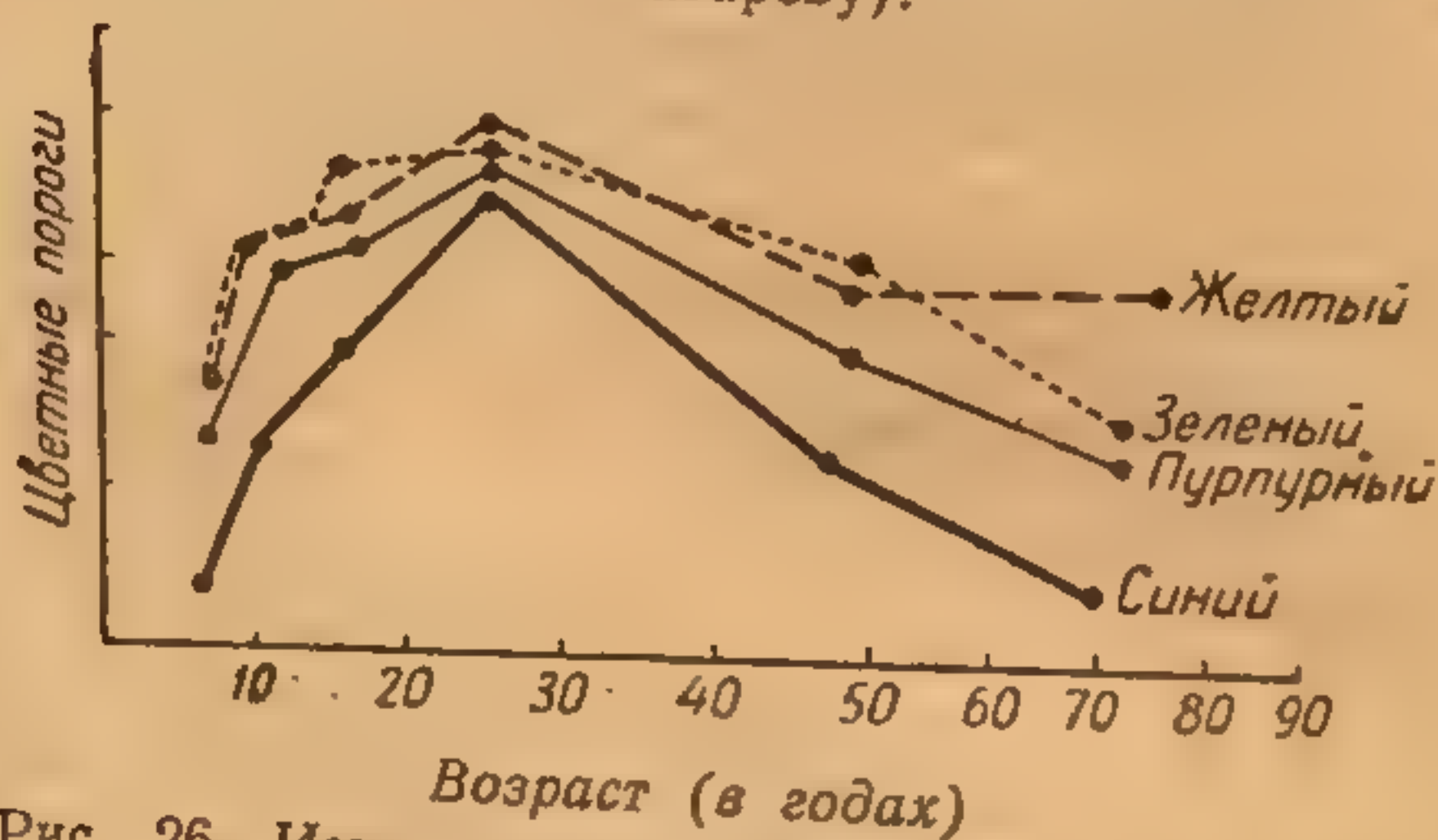


Рис. 26. Изменение чувствительности цветового зрения с возрастом.

является источником синтеза ретинена, нарушает образование зрительного пурпура, что вызывает резкое ухудшение ночного зрения, так называемую куриную слепоту, или гемералопию.

В колбочках, воспринимающих действие лучей разной длины волн, а следовательно, возбуждение которых дает ощущение различных цветов, содержится йодопсин. В связи с возрастными изменениями состава йодопсина и возрастными изменениями строения и функций сетчатки глаза в центральной ямке и в области зрительного анализатора в больших полушариях изменяется способность воспринимать различные цвета (рис. 26).



Палочки сетчатки, дающие бесцветные световые ощущения, функционируют от рождения, а полное функционирование колбочек обнаруживается только к концу 3-го года жизни ребенка. Способность различать цвета появляется не у всех детей в одинаковые сроки. При упражнении эта способность появляется раньше. Максимум способности различать цвета приходится на 25-летний возраст.

Имеются возрастные изменения возбудимости сетчатки глаза к раздражению электрическим током, при котором возникает ощущение вспышки света «фосфен». Возбудимость сетчатки достигает максимума к 20—25 годам (рис. 27). Наиболь-

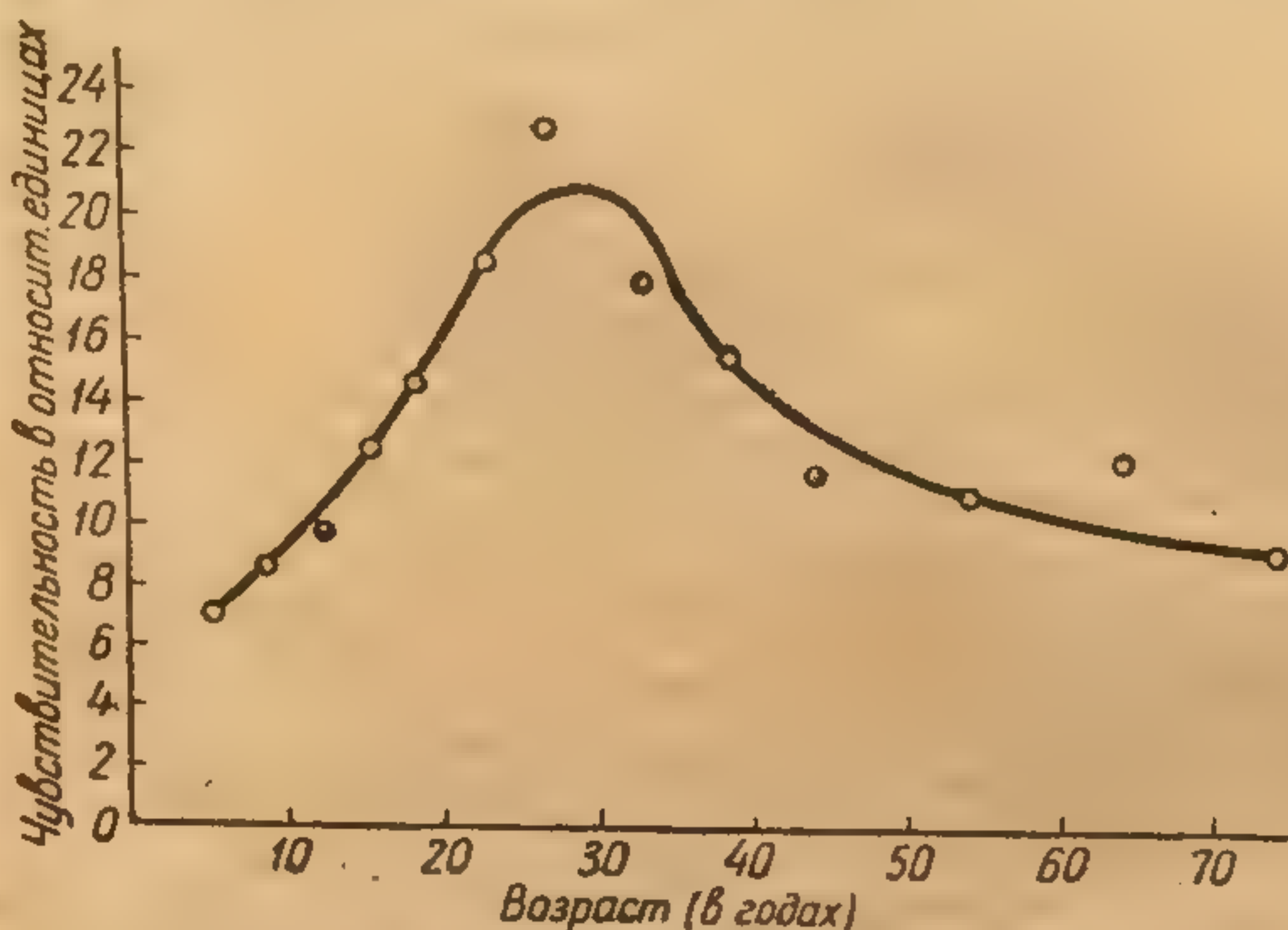


Рис. 27. Изменение электрической чувствительности глаза с возрастом.

шую возбудимость при минимальной интенсивности порогового раздражения П. О. Макаров назвал зоной адекватности.

С возрастом возбудимость сетчатки и зрительного анализатора в больших полушариях резко возрастает и достигает максимума в 24 года. В возрасте 5 лет она ниже, чем в 10 лет (рис. 28). Лабильность, или функциональная подвижность рецепторного и мозгового отделов зрительного анализатора, измеряемая по временному порогу — наименьшему времени между двумя последовательно различаемыми раздражениями, — наибольшая в 18—30 лет. Она тем ниже, чем моложе дети (рис. 29).

Движения глаз, приводящие к скрещиванию зрительных осей на предмете (конвергенция), и аккомодация в сочетании с величиной его изображения на сетчатке обеспечивают способность определения расположения предметов в пространстве и их формы.



Изображение предмета на сетчатке получается действительным, обратным и уменьшенным, но благодаря повседневной тренировке зрительного анализатора в сочетании с двигательным и кожным (осязание) мы видим предметы такими, каковы они есть в действительности. При этом зрительные ощущения сочетаются с осязанием и восприятием сигналов из проприоцепторов мышц глаз — из ресничных мышц и мышц, двигающих глазные яблоки, мышц шеи и головы, которая повернута к предмету, а также из мышц рук.

Нервные импульсы из сетчатки поступают по зрительным нервам в промежуточный мозг, а из него в затылочную область больших полушарий. В составе зрительного нерва 400—800 тысяч нервных волокон. Среди них имеются и несколько более

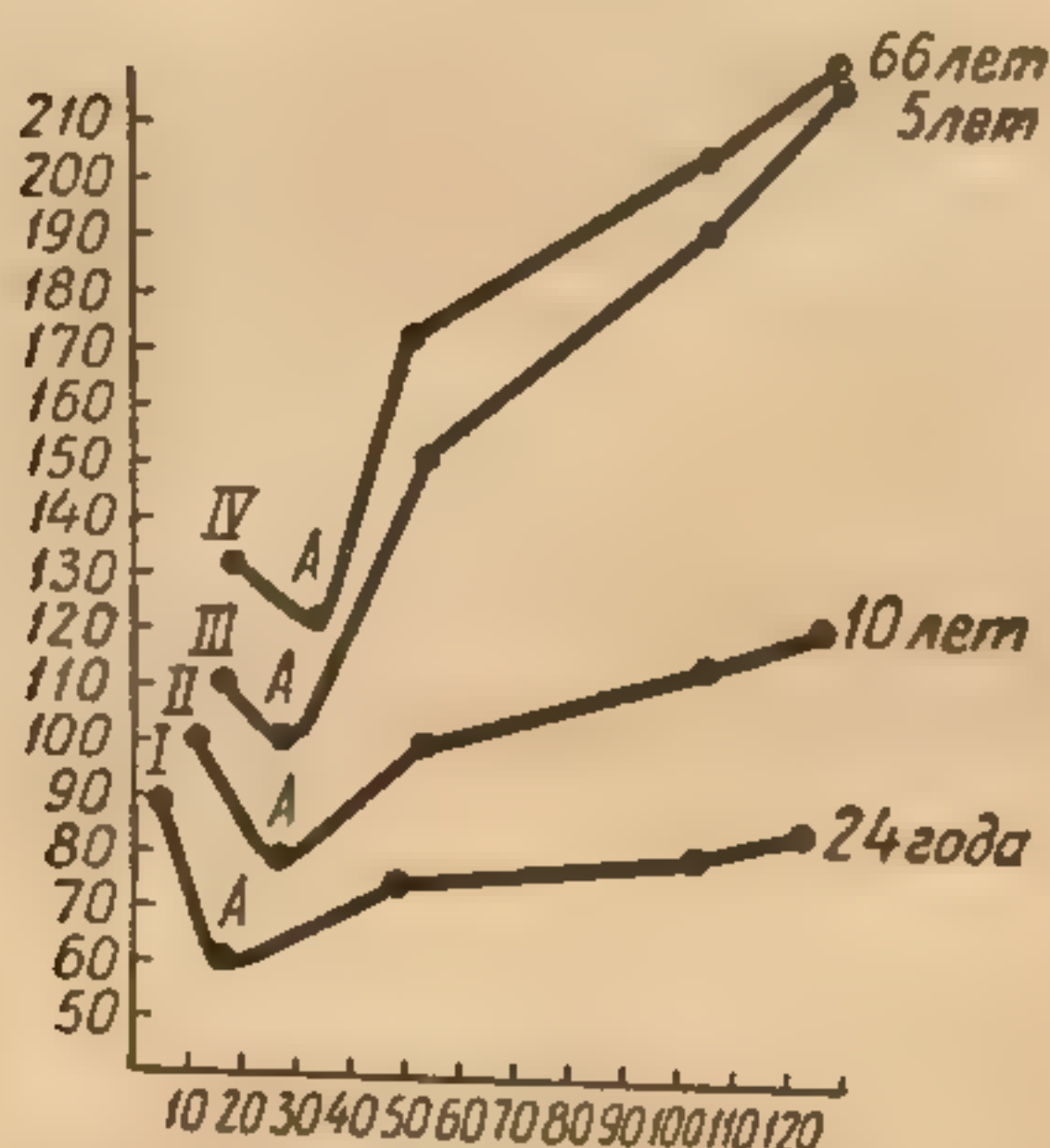


Рис. 28. Возрастная адекватометрия зрительного анализатора человека (по Макарову):

ордината — энергия световых пороговых стимулов; абсцисса — длительность световых стимулов в миллисекундах.

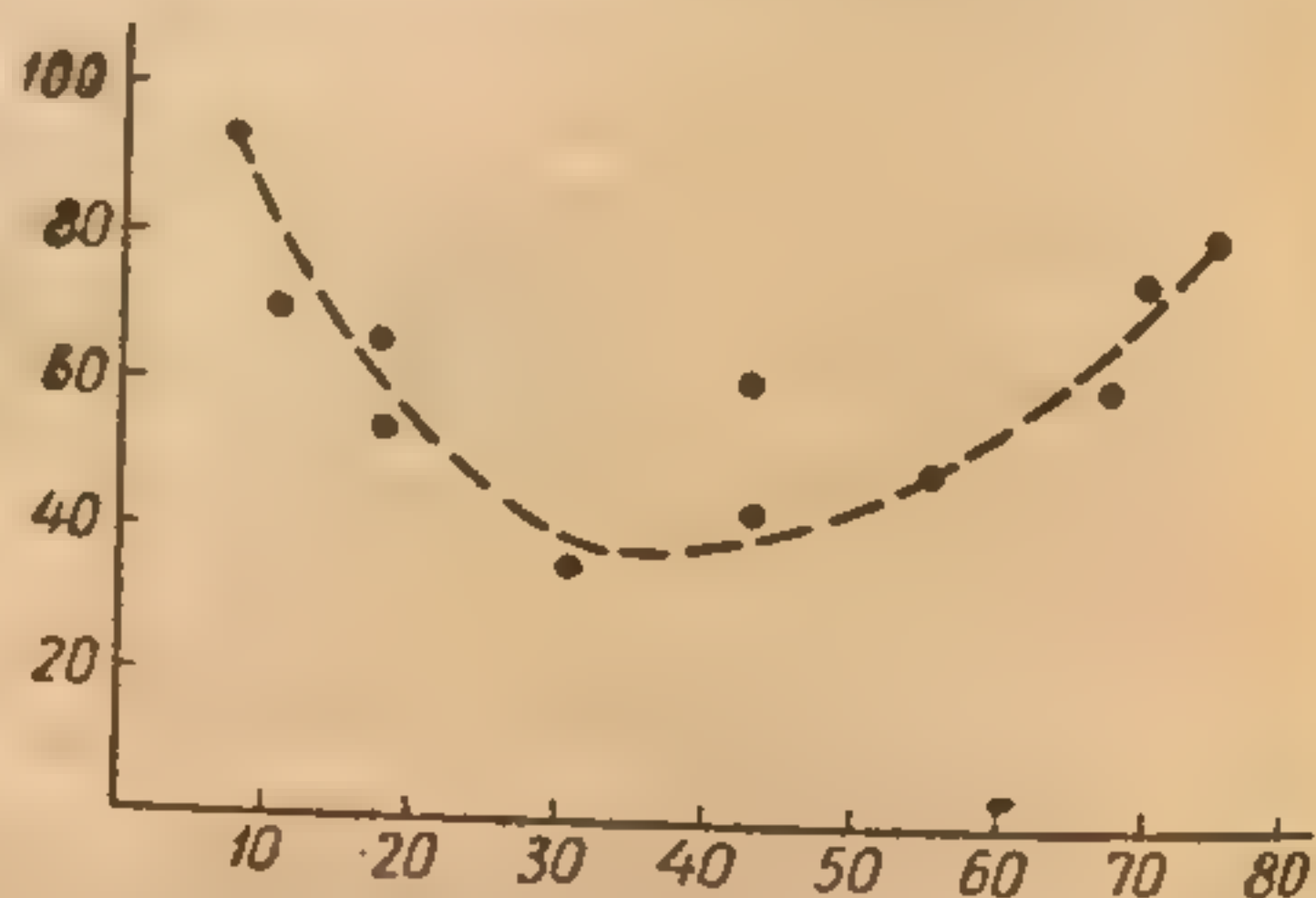


Рис. 29. Различительная способность зрительного анализатора человека в разные возрастные периоды (по Макарову):

ордината — интервал времени в миллисекундах; абсцисса — возраст в годах.

толстые центробежные волокна к мускулатуре радужной оболочки и центробежные тонкие симпатические волокна. Зрительные поля расположены на внутренней поверхности затылочной доли, которая у человека занимает только 12% поверхности мозга, уменьшаясь в филогенезе. При поражениях этой области наблюдаются нарушения зрения, потеря зрительной памяти, узнавания предметов, ориентации в пространстве или полная слепота.

**Способы улучшения зрения у детей.** Улучшение зрения у детей, дошкольников и младших школьников происходит на уроках рисования, черчения, в игре, если соблюдаются правила гигиены зрения. После занятий и игр, связанных с напряжением аккомодации, рекомендуется 1—2 минуты смотреть вдаль. Зрительные ощущения игрушек, имеющих различную форму



(куб, шар, цилиндр и др.), сочетаются с осязанием и движениями рук и головы. Для совершенствования зрения большое значение имеют также упражнения зрительных восприятий игрушек различных цветов и на экскурсиях при сборе различно окрашенных грибов, цветов и других растений.

У старших школьников в упражнении зрения велика роль спортивных игр в теннис, баскетбол, волейбол, с шарами, стрельбы в цель, метаний, гимнастических упражнений, плавание, езды на велосипеде, хождения на лыжах по пересеченной местности, скоростных спусков на лыжах с гор, вырезывания фигур, рассмотрения чертежей, рисунков и картин, деталей моделей, инструментов и приборов, астрономических наблюдений. Однако не следует переутомлять глаза. Одним из признаков переутомления глаз является мигание.

### 3. СЛУХОВОЙ АНАЛИЗАТОР

Другим важнейшим высшим анализатором, играющим у человека огромную роль, является слуховой. Он имеет особое значение в формировании и осуществлении функции речи, а также при определении ритма и скорости трудовых движений и физических упражнений.

Доказано, что ребенок воспринимает звуковые раздражения еще на 32-й неделе утробной жизни. Еще в утробе матери в последние месяцы утробной жизни плод реагирует движениями на сильные звуки. Новорожденные при сильных звуках рефлекторно вздрагивают и сокращают мимические мышцы. Но в первые недели жизни ребенок не оборачивается по направлению звука.

Различение звуков при разнице между ними на 17 музыкальных тонов обнаруживается у детей в 3,5 месяца, на 13—14 тонов — в 4,5 месяца; на 10—7 тонов — в конце 5-го месяца. Далее точность анализа звуков быстро возрастает. На 6-м месяце образуются дифференцировки в 3—5 тонов, на 6—7-м месяце — в 1—2 тона и даже  $\frac{3}{4}$  и  $\frac{1}{2}$  музыкального тона. К 6—7 месяцам тонкость слуха ребенка почти соответствует норме взрослого человека.

При рождении ребенок плохо слышит вследствие особенностей строения уха и заполнения среднего уха слизистой жидкостью. Слух становится отчетливым к концу 2-го и началу 3-го месяца.

Однако слуховой аппарат еще не полностью сформирован при рождении. Стенки слухового канала окостеневают к 10 годам, а развитие слухового аппарата в целом полностью заканчивается только к 12 годам.

Ухо взрослого человека воспринимает от 16 до 20 000 звуковых колебаний в 1 секунду (у некоторых людей до 30 000).



У детей ухо воспринимает до 32 000 звуковых колебаний в 1 секунду. Наибольшая острота слуха наблюдается в 14—19 лет. С возрастом слух понижается (рис. 30).

Временной порог слухового анализатора с возрастом уменьшается. В 8—10 лет он равен 12—15 мсек, в возрасте 25 лет — 3—5 мсек, т. е. в 3—5 раз меньше (рис. 31).

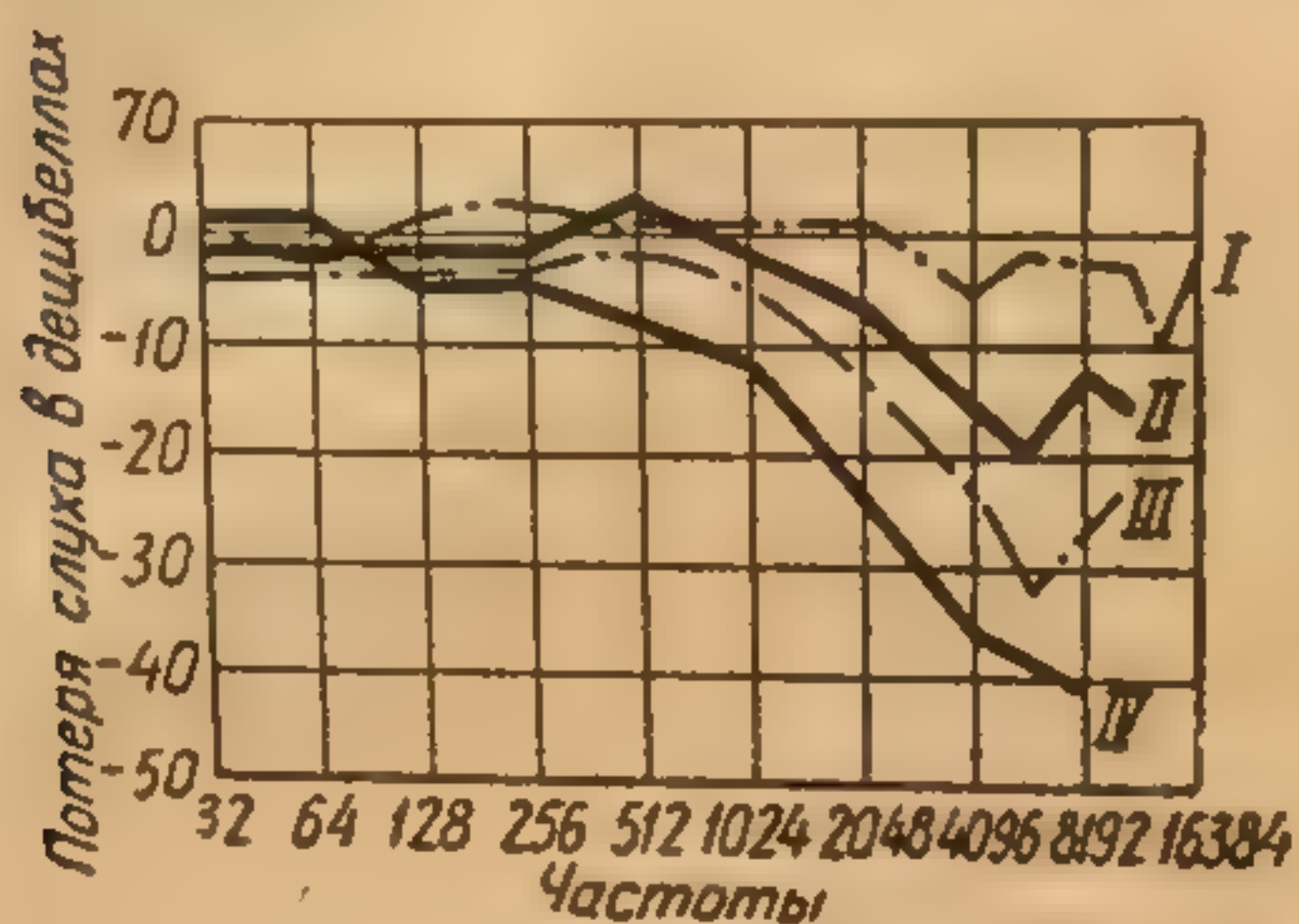


Рис. 30. Возрастные изменения слуховой возбудимости: I—30 лет; II—40 лет; III—50 лет; IV—60 лет; на нуле норма (20 лет).

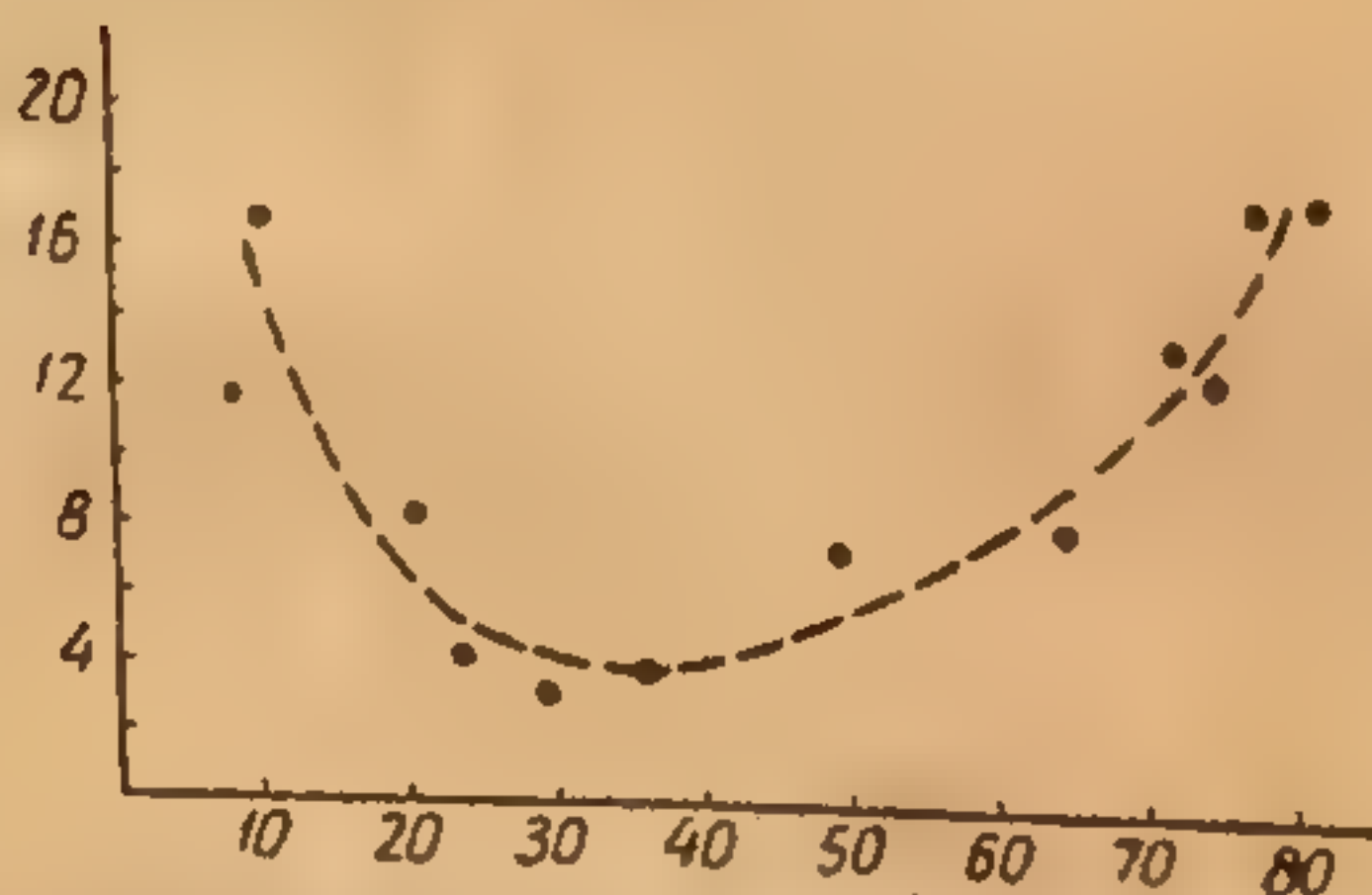


Рис. 31. Различительная способность слухового анализатора. Обозначения те же, что на рис. 29 (по Макарову).

После некоторых болезней (скарлатина, грипп и др.) резко снижают слух.

Упражняют слух песни, музыка, некоторые трудовые процессы и спортивные игры, производимые в определенном ритме.

#### 4. ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗАТОР

После зрения наибольшее значение в ориентации тела в пространстве, в преодолении земного притяжения, в трудовой деятельности и всех видах физических упражнений имеет вестибулярный анализатор.

Слуховая область больших полушарий, представляющая собой проекцию улитки, находящейся во внутреннем ухе, располагается в височной доле больших полушарий. Повреждения этой области вызывают различные нарушения слуха — музыкальную глухоту, словесную глухоту, нарушения координации движений или потерю слуха. У людей по сравнению с высшими животными (обезьянами) некоторые участки слухового анализатора в височной доле, особенно участвующие в выполнении функции речи, больше в 2—9 раз.

Слух нарушается при резких колебаниях температуры окружающей среды, при чрезмерно сильных звуках. В среднем ухе звук усиливается в 50—70 раз. Поэтому повреждение барабанной перепонки, поражение среднего уха у детей по-



Рис. 32. Характеристика слухового анализатора.



Вестибулярный аппарат расположен во внутреннем ухе. Он созревает раньше других рецепторов и у 6-месячного плода развит почти так же, как у взрослого. Он сложно устроен и состоит из статочистных органов преддверия (овального и круглого мешочков) и из полукружных каналов.

Вестибулярный аппарат управляет тонусом (напряжением) мышц своей стороны (рис. 32). Поэтому при выключении вестибулярного аппарата на одной стороне, например левой, мышцы

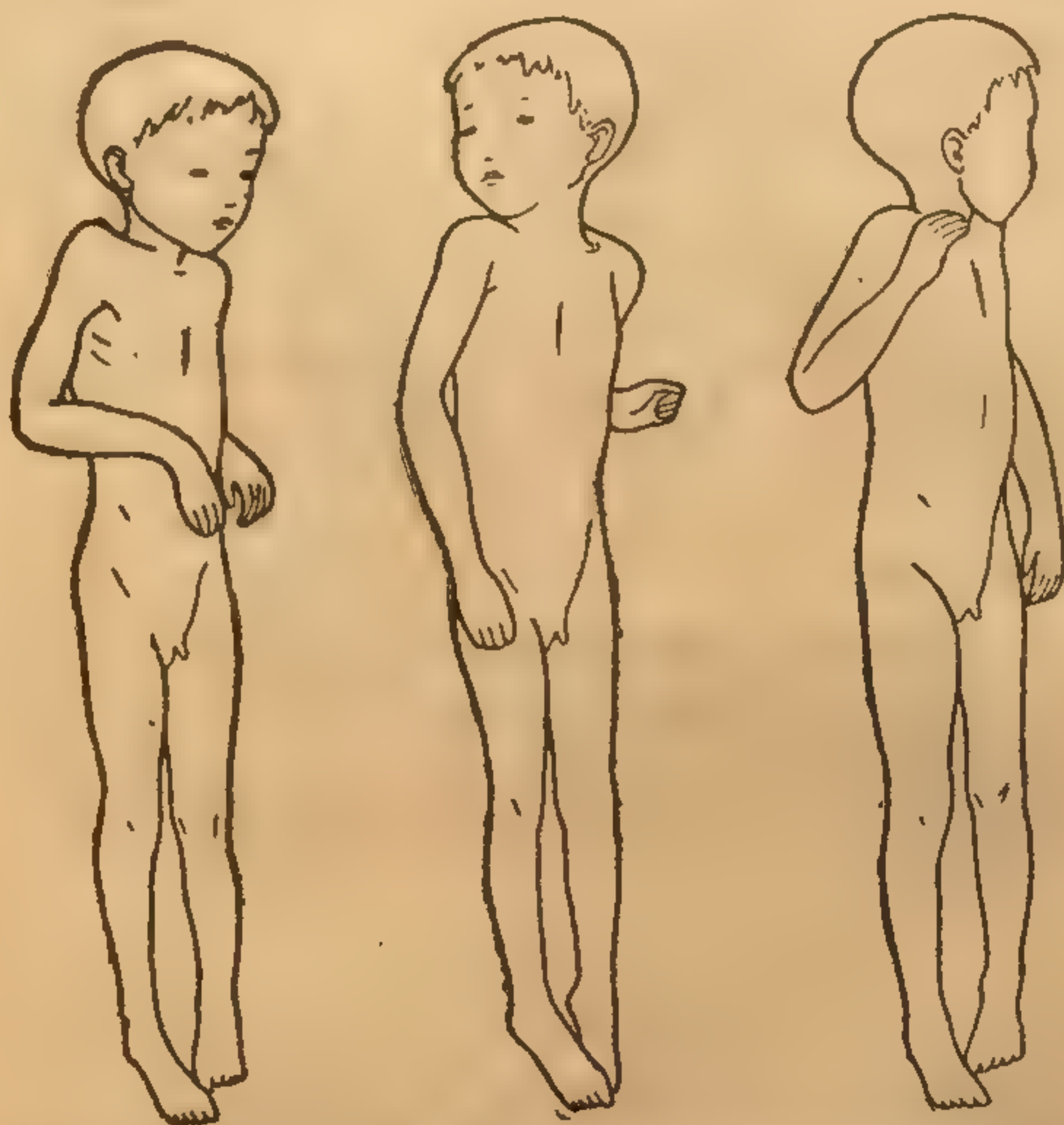


Рис. 32. Характерные тонические рефлексy 4-летнего ребенка, лишенного больших полушарий.

на другой стороне берут перевес, и голова поворачивается в правую сторону. Он имеет особое значение в летном деле, в состоянии невесомости при полетах в космос, парашютном и горном спорте, в плавании, прыжках с трамплина, гимнастике, при езде на велосипеде, беге на коньках, в трудовых процессах, связанных с ориентировкой в пространстве (верхолазы, строители, арматурщики, маляры и др.).

Внутреннее ухо почти не растет, его величина почти не изменяется с возрастом.

Возбудимость вестибулярного аппарата и вестибулярного анализатора в головном мозге существует с рождения и тренируется у ребенка при его укачивании, вызывающем засыпание. Однако новорожденный еще не может определять положение



тела во внешней среде. У детей вестибулярный аппарат хорошо возбудим. С возрастом хронаксия вестибулярного аппарата увеличивается.

Раздражителями статочистных органов (мешочков) являются наклоны головы и ускорение или замедление прямолинейных движений тела, а также изменение силы тяжести и центробежной силы.

Способность различения наклонов тела зависит не только от статочистных органов вестибулярного аппарата, но и от показаний проприоцепторов, особенно мускулатуры шеи, а также рецепторов кожи, особенно седалища и внутренней поверхности бедер (следовательно, от кинестезии).

Полукружные каналы раздражаются ускоренным или замедленным вращательным движением в одной плоскости и угловым ускорением.

Изменение функционального состояния вестибулярных аппаратов отражается на оценке пространства посредством зрительных ощущений, так как в течение жизни вырабатывается способность сочетать нормальное положение глаз с определенным положением головы.

Раздражение вестибулярных аппаратов, особенно при повышенной их возбудимости, вызывает характерное ощущение сильного головокружения. Причиной этого ощущения является последствие раздражения вестибулярного аппарата, которое воспринимается в области вестибулярного анализатора в больших полушариях как продолжение вращения в сторону, противоположную реальному вращению. После длительного вращения наблюдается глазной нистагм — быстрые, ритмические подергивания глаз.

Благодаря связям ядра слухового нерва, в состав которого входит вестибулярный нерв, с другими ядрами продолговатого мозга сильное раздражение вестибулярных аппаратов сопровождается также вегетативными рефлексам: учащением и замедлением сердцебиений, учащением, замедлением и задержкой дыхания, сужением и расширением кровеносных сосудов, повышением и понижением кровяного давления, усилением перистальтики и т. п. Все эти явления чрезвычайно усилены при повышенной возбудимости вестибулярных аппаратов. Появляются также рвота, побледнение лица, холодный пот и т. п. Это наблюдается особенно у детей, а также у взрослых при полетах, морской качке, при качании на качелях, езде в автомобиле и в поезде, при некоторых физических упражнениях.

У здоровых детей эти вегетативные рефлексy появляются при значительно более сильных раздражениях вестибулярного аппарата, чем те, которые вызывают нормальные рефлекторные трудовые, спортивные и другие движения.



Под влиянием тренировки вестибулярных аппаратов и вестибулярных анализаторов в больших полушариях указанные вегетативные рефлексы уменьшаются и даже полностью исчезают. Например, развитие вестибулярного анализатора у детей, систематически занимающихся спортом, достигает уровня взрослых людей, не занимающихся спортом, у мальчиков к 13—14 годам, а у девочек к 10—11 годам. Подростки, систематически занимающиеся спортом, на 2—3 года раньше, чем не занимающиеся спортом, достигают уровня развития вестибулярного анализатора взрослых людей, не занимающихся спортом (И. П. Байченко).

Наибольшая тренировка вестибулярных аппаратов совершается при упражнениях в качании головой (А. И. Яроцкий), а также при занятиях гимнастикой, плаванием, боксом, качании на качелях, прыжках, прыжках в воду и прыжках с трамплина на лыжах. При невесомости возбудимость вестибулярных аппаратов и областей вестибулярных анализаторов может изменяться.

При тренировке вестибулярных аппаратов и областей вестибулярных анализаторов одновременно происходит тренировка областей зрительного, кожного и проприоцептивного анализаторов в больших полушариях. Тренировка приводит к образованию и укреплению условнорефлекторных связей между областями этих анализаторов в больших полушариях, что имеет решающее значение для точного ориентирования детей в пространстве во время ходьбы, бега, игр, трудовых и спортивных движений.

## 5. КОЖНЫЙ АНАЛИЗАТОР

Рецепторы кожи у новорожденного недоразвиты. Свободных нервных окончаний в коже сравнительно мало. Наоборот, в слизистой оболочке губ имеется очень много рецепторных окончаний. При прикосновении к коже и при температурных ее раздражениях у новорожденного наступают рефлекторные движения.

Особенно легко наступают рефлекторные движения при раздражении губ, передней части языка, слизистой оболочки носа, роговицы и склеры. Эти движения носят общий характер, что указывает на распространение возбуждения по спинному мозгу и мозговому стволу. Эти рефлекторные движения не могут служить доказательством существования ощущений осязания, прикосновения, которые, очевидно, появляются в связи с развитием и функционированием коры больших полушарий после 1-го года жизни.

На повреждающие раздражения кожи, вызывающие у взрослых болевые ощущения, как например на укол булавкой,



новорожденные реагируют движениями уже на 1—2-й день после рождения, но слабо и через большой скрытый период.

Реакция новорожденных на действие электрического тока значительно слабее, чем у старших детей. При этом они реагируют только на такую силу тока, которая невыносима для взрослых, что объясняется недоразвитием центrostремительных путей и большей сопротивляемостью кожи. К концу 1-го года жизни дети легко различают механические и термические раздражения кожи.

Точная локализация всех раздражений кожи в первые месяцы или в первый год жизни отсутствует. Локализация боли,

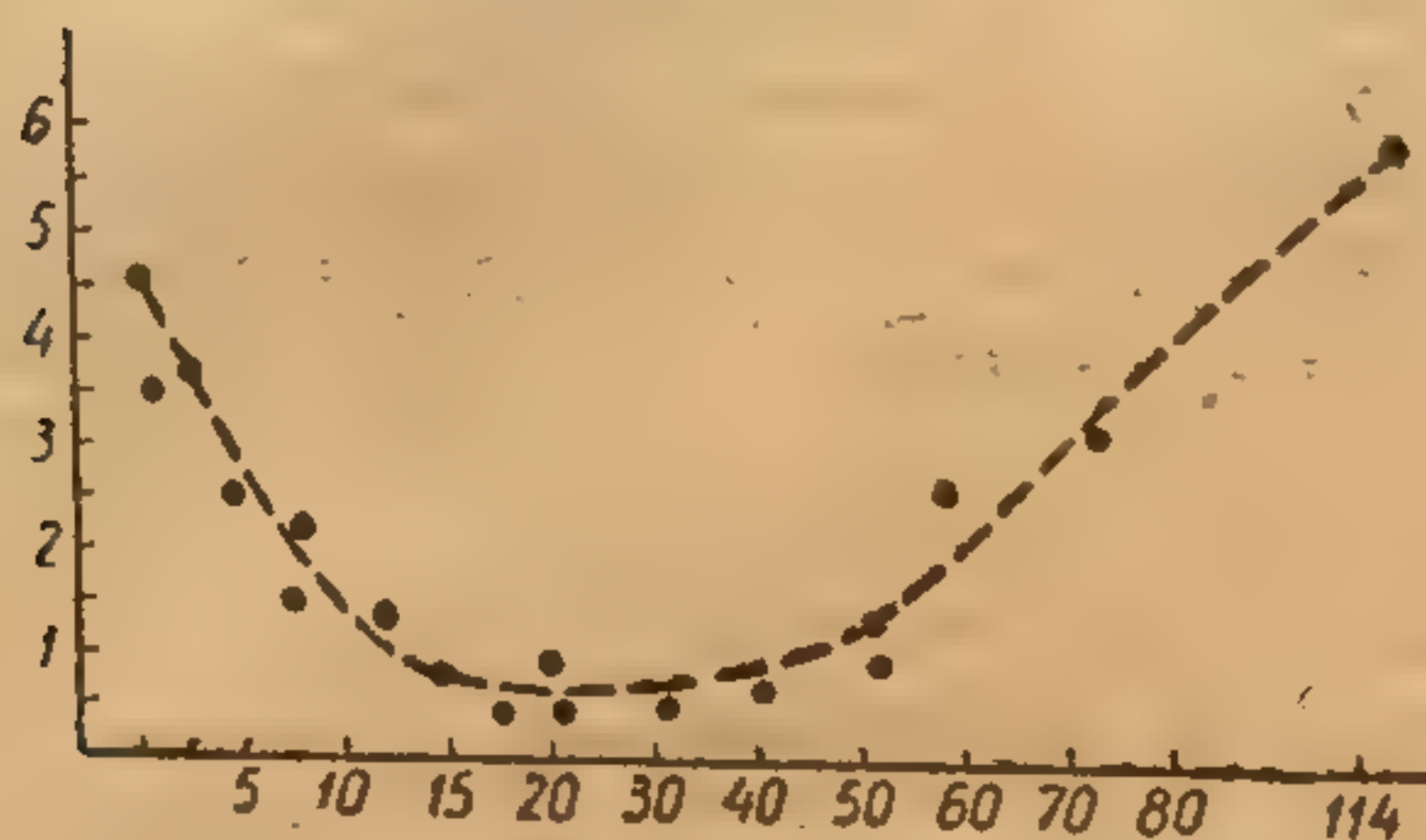


Рис. 33. Адекватометрия кожного анализатора человека в разные возрастные периоды (по Макарову):

ордината — пороги возбудимости, абсцисса — возраст (в годах).

Различаются четыре вида кожной чувствительности: тактильная — осязание (ощущения прикосновения, давления), тепловая, холодовая и болевая. Ощущение прикосновения отличается от ощущения давления. Осязание у дошкольников и школьников лучше развито, чем у взрослых. Как и у взрослых, наиболее развита осязательная чувствительность на руках, лице и подошве. В результате упражнений осязательные ощущения становятся тоньше и воспринимаются при более слабых раздражениях.

Вибрационные ощущения — колебания предметов с частотой 2—10 раз в 1 секунду хорошо воспринимаются кожей пальцев и костями черепа.

## 6. ДВИГАТЕЛЬНЫЙ, ПРОПРИОЦЕПТИВНЫЙ АНАЛИЗАТОР

Роль проприоцептивного анализатора в двигательной деятельности организма. Кроме вестибулярного анализатора, решающая роль в координации движений принадлежит проприоцептивному анализатору, который функционирует в сочета-

вызванная раздражением рецепторов внутренних органов, устроенных более примитивно, чем кожные рецепторы, отсутствует даже у детей 2—3 лет. Это отсутствие точной локализации связано с недоразвитием центrostремительных путей и нервных центров.

Возбудимость кожного анализатора растет с момента рождения и достигает к 17—27 годам максимума (рис. 33).

нии с кожей  
Проприоцептор  
по силе  
Проприоцептор  
сокращения  
и рефлекторно  
летных мышц и  
силу и продолжит  
Характерной  
очень малая адекват  
ности через корот  
Совершенство не  
током в нервную  
ных импульсов из  
цепторы находятс  
довательно, не п  
внешнего мира, п  
дражениями орга  
кожной чувствите  
ным звеном высш  
Установлено,  
высшую нервную  
ловных двигател  
гую, например  
период условног  
стояния к сиден  
хания укорачива  
рефлекса (Л. Б.  
Таким образ  
организма, тонк  
ется взаимодейс  
рефлексов, выз  
и раздражений  
Развитие дви  
вания точных  
ляющее значени  
буждения и т  
ного анали  
Еще у  
жения у  
«Детский  
ширность  
для взрос  
Рефлексы о  
не на все м  
жения, как п  
беспорядочно



нии с кожным анализатором (кинестетический анализатор). Проприоцепторы имеют весьма сложное строение, следующее по сложности после глаза или уха.

Проприоцептивные импульсы возникают при рефлекторном сокращении мышц, натяжении сухожилий и суставных сумок и рефлекторно регулируют степень напряжения (тонуса) скелетных мышц и характер производимых движений (быстроту, силу и продолжительность движения, его направление и т. д.).

Характерной особенностью проприоцепторов является их очень малая адаптация или отсутствие понижения их возбудимости через короткое время после начала их раздражения.

Совершение нормальных движений всегда обусловлено притоком в нервную систему, в головной мозг центростремительных импульсов из проприоцепторов. Поэтому, хотя проприоцепторы находятся внутри мышц, суставов и сухожилий и, следовательно, не подвергаются непосредственному воздействию внешнего мира, раздражения проприоцепторов вместе с раздражениями органов зрения, слуха, вестибулярных аппаратов, кожной чувствительности, обоняния и вкуса, являются начальным звеном высшей нервной деятельности.

Установлено, что раздражение проприоцепторов влияет на высшую нервную деятельность, изменяет скрытый период условных двигательных рефлексов. Переход от одной позы в другую, например от сидения к стоянию, укорачивает скрытый период условного двигательного рефлекса руки, а переход от стояния к сидению удлиняет его. Произвольная задержка дыхания укорачивает скрытый период условного двигательного рефлекса (Л. Б. Губман).

Таким образом, доказано, что двигательная деятельность организма, тонкая и точная координация движений определяется взаимодействием условных и безусловных двигательных рефлексов, вызываемых раздражением внешних рецепторов и раздражением проприоцепторов.

**Развитие двигательного анализатора у детей.** Для формирования точных координированных движений у детей определяющее значение имеет совершенствование взаимодействия возбуждения и торможения в разных группах нейронов двигательного анализатора.

Еще И. М. Сеченов подчеркнул значение развития торможения у детей для формирования у них точных движений. «Детский возраст характеризуется вообще чрезвычайной обширностью отраженных движений при относительной слабости (для взрослого человека) внешних чувственных возбуждений. Рефлексы с уха и глаза распространяются, например, чуть ли не на все мышцы тела. Приходит, однако, время, когда движения, как говорится, группируются: из массы действовавших беспорядочно мышц выделяется одна, две целые группы, и дви-



жение, становясь ограниченнее, принимает уже определенную физиономию. Вот в этом-то ограничении и играют роль механизмы, задерживающие движение»<sup>1</sup>.

У школьников возбудимость проприоцепторов увеличивается с возрастом. Наименьшая возбудимость проприоцепторов у учащихся I класса, наибольшая — у учащихся X класса. Наибольшая возбудимость проприоцепторов — в дни и часы уроков труда, уроков физкультуры, внеклассных занятий в спортивных секциях, игр и прогулок вне школы. Наименьшая возбудимость — в часы с относительной неподвижностью (на общеобразовательных уроках в школе, во время приготовления уроков). Она повышается в первой половине дня и снижается к вечеру.

У школьников IV—IX классов умственная деятельность (30-минутное чтение художественной литературы) в подавляющем большинстве случаев повышает возбудимость двигательного анализатора, в левом полушарии у правшей и в правом полушарии у левшей (С. Д. Хоружая).

Возбуждение двигательного анализатора у школьников во время игр или трудовых и физических упражнений приводит к последующему повышению умственной работоспособности (увеличению объема и качества умственной работы при решении заданий в корректурных и цифровых таблицах).

Тренировка двигательного анализатора ускоряет его развитие. Например, способность дифференцировать тонус мышечных групп правой и левой руки и величину движений в суставах рук и ног у детей с 7 до 16 лет, систематически занимающихся спортом, значительно выше, чем у детей того же возраста, не занимающихся спортом. Особенно велика разница в развитии двигательного анализатора у обеих групп детей в возрасте 7—8 и 13—16 лет, в возрасте 9—10 лет эта разница незначительна (И. П. Бойченко). Это доказывает, что развитие двигательного анализатора происходит у детей, занимающихся спортом, неравномерно и ускоряется в 7—8 лет и с 13—14 лет.

В последние годы установлено, что сетевидное образование (ретикулярная формация) мозгового ствола регулирует приток импульсов из проприоцепторов скелетной мускулатуры по особой «системе тонких волокон» передних корешков. Сетевидное образование регулирует активность этих рецепторов и, кроме того, вызывает экономные «тонические» сокращения скелетной мускулатуры.

Недавно установлен также важнейший факт, состоящий в том, что раздражение проприоцепторов, наступающее при сокращениях мускулатуры, вызывает рефлекторно изменения работы сердца, просвета сосудов, деятельности органов пищева-

<sup>1</sup> И. М. Сеченов, Избранные произведения, т. I, изд. АН СССР, М., 1952, стр. 97.

рефлексы. Та-  
тельность опреде-  
лексов низшую  
деятельность в  
тельность, посред-  
приоцепторов п  
ральную извили  
Распределен  
гательных учас  
торых исходят



Рис. 3  
нимаю-  
ной и  
колич-  
ные и



рения, выделения и др. Это моторно-висцеральные рефлексы (М. Р. Могендович). Ясно, что именно так обеспечивается соответствие деятельности внутренних органов работе скелетной мускулатуры, т. е. соответствие низшей и высшей нервной деятельности. Еще раньше было обнаружено, что раздражения внутренних органов изменяют тонус скелетных мышц и вызывают их сокращения. Это висцеро-моторные

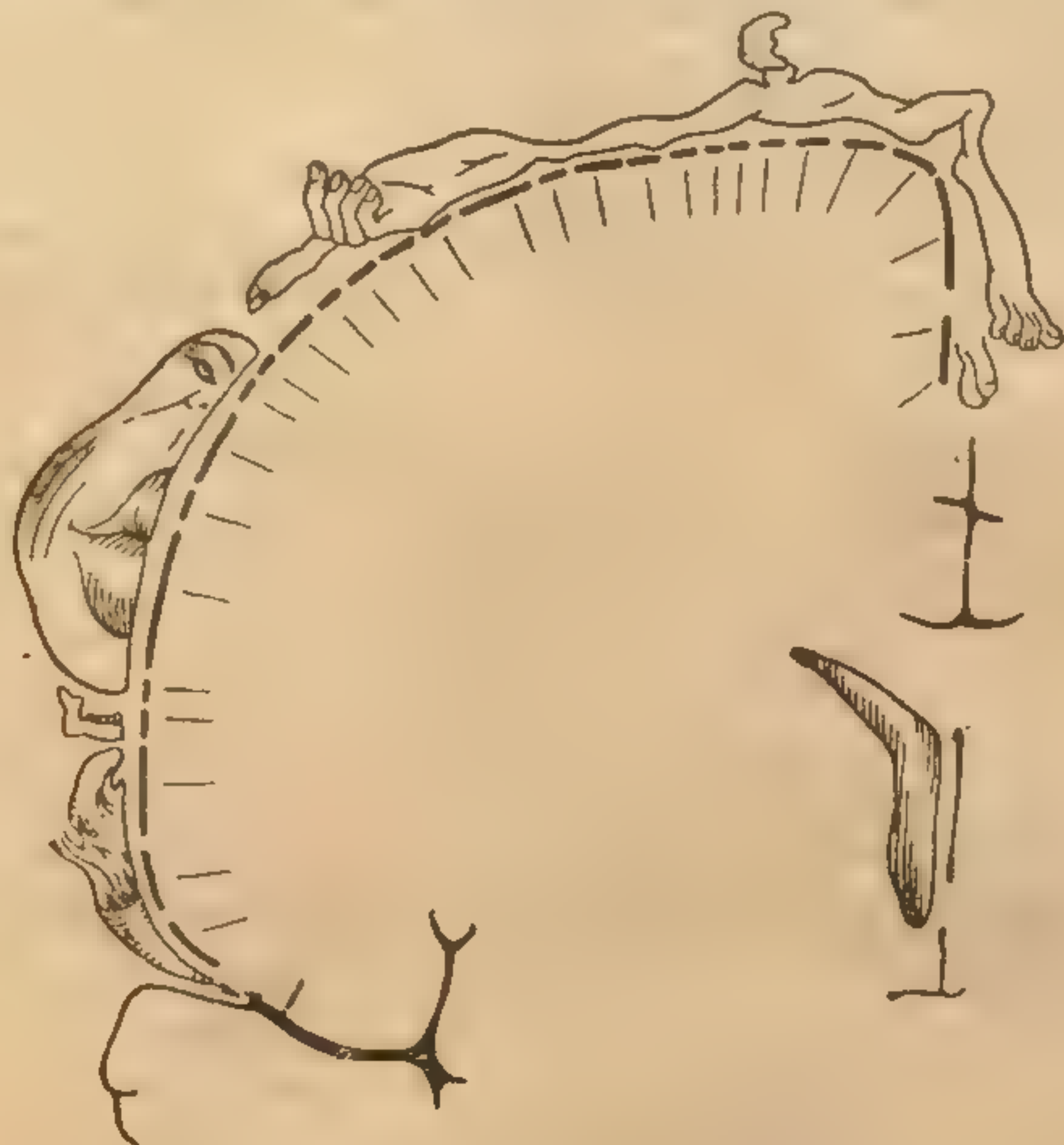


Рис. 34. Схема расположения нейронов, воспринимающих кожные импульсы в задней центральной извилине. Размер частей тела соответствует количеству нейронов, воспринимающих афферентные импульсы из рецепторов кожи данной части тела.

рефлексы. Таким образом, не только высшая нервная деятельность определяет посредством моторно-висцеральных рефлексов низшую нервную деятельность, но и низшая нервная деятельность в свою очередь влияет на высшую нервную деятельность, посредством висцеро-моторных рефлексов.

Центростремительные импульсы из рецепторов кожи и проприоцепторов поступают в теменную область, в заднюю центральную извилину больших полушарий головного мозга.

Распределение воспринимающих участков в задней центральной извилине (рис. 34) соответствует распределению двигательных участков в передней центральной извилине, из которых исходят центробежные волокна к скелетным мышцам



(рис. 35). Верхние отделы задней центральной извилины воспринимают центrostремительные импульсы из рецепторов ног, ниже расположенные отделы — из туловища, рук и лица. Проекция рецепторов кожи и проприоцепторов кисти, лица и языка более обширна, чем проекция рецепторов туловища. Это обусловлено значением кисти рук в процессе труда, а лица и языка в функции речи.

При нарушениях задней центральной извилины страдают кожная и мышечно-суставная чувствительность (кинестезия)



Рис. 35. Схема расположения двигательных нейронов в передней центральной извилине, проводящих эфферентные импульсы к мышцам данной части тела (см. рис. 34).

и нарушается координация движений. Следовательно, при поражениях области двигательного анализатора наступает расстройство координации движений — атаксия. При поражениях мозжечка, который является подкорковым центром проприоцептивных рефлексов, также наступает атаксия (рис. 36).

Установлено, что приток проприоцептивных импульсов в одну группу нейронов области двигательного анализатора в больших полушариях изменяет функциональное состояние других групп нейронов двигательного анализатора и, следовательно,

кинестезию всего организма или отдельных его частей.

Например, отягощение руки небольшим грузом улучшает кинестезию у детей и взрослых (И. Г. Беляев). Для организации активного отдыха существенное значение имеет характер выполняемой физической работы. Оказалось, что при активном отдыхе переменная динамическая работа одной руки ухудшает кинестезию другой руки, а статическая работа, наоборот, улучшает кинестезию (А. Г. Маркин).

Кинестезия сочетается со зрением и слухом.

Кинестезия, главным образом проприоцепция, развивается с возрастом. Способность при выключении зрения тонко различать длину и толщину небольших предметов (до 50 мм) и вес малых грузов (до 100 г) постепенно увеличивается у де-



тей и подростков с 8 до 18 лет. У зрячих, при закрытии глаз, и у слепорожденных наибольший прирост этой способности отмечается к 13—14 годам. Однако у слепых, вследствие постоянной тренировки, эта способность выше, чем у зрячих. Следовательно, кинестезия возрастает, во-первых, в зависимости от развития и созревания нервной системы, а во-вторых, в результате упражнения.

Кинестезия особенно быстро развивается до 12—15 лет.

У школьников — мальчиков 8 лет она уже достигает довольно высокого уровня развития и у мальчиков 14—15 лет подвергается незначительному совершенствованию. Это одинаково проявляется в определении веса грузов, а также при сгибании правой руки в локтевом суставе и при отведении наружу стоп правой и левой ног. При поднятии грузов свыше 1 кг кинестезия у младших школьников ухудшается, а у детей среднего школьного возраста не изменяется, что необходимо учитывать при занятиях по труду и физическому воспитанию.



Рис. 36. Атаксия при поражении мозжечка.

При изучении кинестезии оказалось, что с возрастом она значительно улучшается, а к старости острота кинестезии падает. Острота кинестезии увеличивается под влиянием производственной практики у учащихся ремесленных училищ.

Упражнения школьников в виде специальных игр улучшают кинестезию, уточняют движения. Тренировочные игры, проводимые ежедневно, значительно больше развивают координацию движений, чем проводимые 2 раза в неделю. Оказалось, что выполнение движений здоровыми детьми при временном закрытии глаз отчетливо уточняет и улучшает кинестезические ощущения. Поэтому при последующих тренировках с участием зрения уточняется число попаданий в цель. Таким образом, временная тренировка с закрытыми глазами увеличи-



вает самостоятельность кинестезии, которая при открытых глазах сочетается со зрением, и совершенствует ее.

Безусловный моторно-кардиальный рефлекс уже у ребенка 3 лет играет значительную роль при произвольных движениях, а условнорефлекторное учащение сердечной деятельности при сигнале предстоящей физической работы у детей 3—6 лет имеется не всегда и закономерно наблюдается только с 7-летнего возраста (В. И. Бельтюков).

Условные рефлексy на изменения работы сердца при физическом труде и физических упражнениях быстрее образуются у детей младшего возраста, но отличаются меньшим постоянством, чем у детей старшего возраста.

У детей с возрастом висцеро-моторные рефлексy ослабевают и становятся не пусковыми, т. е. не вызывают движений, а корригирующими, т. е. они регулируют функциональное состояние скелетных мышц. Наоборот, роль моторно-висцеральных рефлексов все возрастает, и они все более совершенствуются в процессе формирования трудовых и спортивных двигательных навыков. Уже в младшем школьном возрасте многие моторно-висцеральные рефлексy функционируют на уровне, близком к взрослым, например рефлекторное изменение частоты сердцебиений при произвольном сжатии кисти (В. И. Бельтюков).

С развитием психики влияние раздражения рецепторов внутренних органов на поведение ребенка постепенно уменьшается, висцеро-висцеральные рефлексy (с одного внутреннего органа на другой) и висцеро-моторные рефлексy становятся низшими уровнями нервной регуляции. К ним приближаются моторно-висцеральные и моторно-моторные рефлексy (с одной мышцы на другую мышцу), основанные на раздражении проприоцепторов. По мере формирования и совершенствования психики детей главная роль начинает принадлежать двигательным рефлексам скелетных мышц при раздражении высших, внешних органов чувств.

Слова, соответствующие непосредственным условным раздражителям мышечной работы, тем больше влияют на работу сердца и его функциональное состояние, чем моложе ребенок.

## 7. ОБОНЯТЕЛЬНЫЙ И ВКУСОВОЙ АНАЛИЗАТОРЫ

Новорожденные уже в первые дни жизни реагируют на сильные запахи сокращением мимических мышц. Но у грудных детей обоняние менее развито, чем в раннем детстве и в последующие периоды жизни, вследствие недоразвития полости носа. У дошкольников и у школьников обоняние острее, чем у взрослых. Острота обоняния повышается до 6 лет, а затем посте-



ленно уменьшается. Тонкость обоняния (различение запахов) с возрастом повышается. Систематические упражнения значительно обостряют обоняние, курение снижает.

У новорожденных имеются все 4 вкусовых ощущения: сладкое, кислое, горькое и соленое. Органы вкуса реагируют в момент рождения лучше обонятельных. На раздражение сладким новорожденный отвечает сосанием и глотанием, на горькое, кислое, соленое — сокращениями мимической мускулатуры. Порог вкусовых раздражений несколько выше, чем у взрослых. Особенно хорошо вызываются врожденные двигательные рефлексы при действии раздражителей, дающих ощущения сладкого и горького. Латентный период этих двигательных рефлексов через 1—3 дня после рождения — 1,5 секунды, а через 9—10 дней — 0,5 секунды.

У детей с 1-го месяца жизни условный сосательный рефлекс легче всего образуется на растворы сладких веществ, а с 1,5 месяцев можно выработать условный мигательный рефлекс с вкусового анализатора на воду.

Вкус с возрастом в нормальных гигиенических условиях тренируется и улучшается. Нарушения питания и болезни понижают у детей вкусовые ощущения.

#### **8. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ И ВЗАИМНЫЙ КОНТРОЛЬ АНАЛИЗАТОРОВ**

Взаимодействие анализаторов проявляется во взаимном повышении и понижении возбудимости. Например, обтирание кожи холодной водой повышает зрение в сумерках, а теплой — понижает. Громкость звука увеличивается при одновременном освещении глаз.

Анализаторы функционируют совместно. Например, восприятие скорости движения предметов происходит вследствие одновременного функционирования зрительного и кинестетического анализаторов, между которыми образуются временные нервные связи.

У слепых благодаря систематической тренировке совершенствуются временные нервные связи слухового и кинестетического анализаторов.

У слепоглухонемых основное значение в обучении и воспитании приобретают кинестетический, обонятельный и вкусовой анализаторы.

У глухих и глухонемых усилены временные нервные связи зрительного и кинестетического анализаторов.

Благодаря одновременному функционированию мозговых концов разных анализаторов осуществляется взаимный контроль анализаторов. Например, посредством рецепторов осязания контролируется зрение.



Истинность ощущений и мышления, их соответствие внешнему миру постоянно проверяется и подтверждается не только индивидуальной, но прежде всего и общественной практикой. Так как восприятие пространства, величины предметов и их движений осуществляется одновременно зрительным и кинестетическим анализаторами, то при выпадении функции одного из них проверка истинности восприятия производится анализатором, сохранившим свою нормальную функцию.

## VII. ГОЛОС И Р

Голосовой аппарат является одной из важнейших функций организма. Он развивается с развитием слуха. Ребенок, который не научился говорить, исправляется у тами педагогическим имеет непосредственное отношение к полняются одними

Голосовой аппарат состоит из: 1) дыхательной мускулатуры, грудных связок; 3) носовой полости, носоглотки.

В голосовом аппарате исключительно голосовые функции (носовая, ротовая) не оказывают влияния на голосовые функции.

Дыхательный аппарат состоит из органов, которые входят в состав аппарата.

Особенности дыхания лежат в области выдоха. В выдохе аппарат работает в обратном направлении.

Скорость движения воздуха в дыхательных путях зависит от сопротивления.

Гортань и трахея являются органами дыхания. Гортань расположена в области шеи.

В 5 лет и особенно в 10 лет гортань увеличивается в размерах. Гортань заканчивается трахеей.

С. И. Гальперин



## VII. ГОЛОС И РЕЧЬ

**Голосовой аппарат человека.** Голос и речь являются важнейшими функциями человека. Развитие голоса и речи связано с развитием слуха. Потеря слуха у ребенка до того как он научится говорить, приводит к недоразвитию речи, которое исправляется у такого глухонемого ребенка весьма сложными педагогическими приемами. Образование голоса и речи имеет непосредственную связь с дыханием. Обе функции выполняются одними и теми же органами.

Голосовой аппарат человека состоит из трех главных частей: 1) дыхательного аппарата, включающего дыхательную мускулатуру, грудную клетку и легкие; 2) гортани с голосовыми связками; 3) воздушных резонаторных полостей (носовой полости, носоглотки, ротовой полости и полости глотки).

В голосовом аппарате человека высота звука определяется исключительно голосовыми связками, а резонаторные полости (носовая, ротовая и полость глотки) на высоту звука никакого влияния не оказывают. В голосовом аппарате этим полостям принадлежит особая роль.

**Дыхательный аппарат.** Функция дыхания выполняется теми же органами, что и образование голоса и речи. Следовательно, гортань и воздушные резонаторные полости входят также в состав аппарата дыхания.

Особенное значение в образовании голоса и речи принадлежит выдыхательным мышцам, которые создают в дыхательном аппарате под голосовыми связками воздушное давление, необходимое для произнесения звуков.

Скорость движения воздуха по дыхательным путям меняется в зависимости от размеров площади поперечного сечения их в различных участках.

**Гортань и ее возрастные особенности.** Гортань у детей расположена выше, чем у взрослых, на 3 шейных позвонка. Быстрый рост гортани начинается в 1-й год жизни, усиливается в 5 лет и особенно в 14—16 лет. Половые различия гортани появляются после 3 лет и отчетливо выступают с 10 лет. Рост гортани заканчивается в 20—30 лет.



Гортань образована тремя непарными хрящами: перстневидным, щитовидным (адамово яблоко) и надгортанником — и тремя парными: черпаловидным, санториниевым и вризберговым. Основной хрящ — перстневидный. Узкой своей частью он обращен кпереди, а широкой — к пищеводу. Сзади на перстневидном хряще, симметрично с правой и левой стороны, расположены два черпаловидных хряща треугольной формы, подвижно сочлененные с задней частью перстневидного хряща. Эти хрящи регулируют голосовую щель. При сокращении мышц, оттягивающих назад наружные концы черпаловидных хрящей, и расслаблении межхрящевых мышц происходит их поворот вокруг оси и широкое раскрытие голосовой щели, необходимое для вдоха. При сокращении мышц, расположенных между черпаловидными хрящами, и натяжении связок голосовая щель имеет форму двух туго натянутых параллельных мышечных валиков. Длина связок больше у мужчин, чем у женщин, и больше для низких голосов, чем для высоких. Однако из этого правила бывают исключения. Удлинение связок происходит при сокращении мышц, расположенных спереди между щитовидным и перстневидным хрящами. При этом щитовидный хрящ, вращающийся на сочленениях, находящихся в задней части перстневидного хряща, наклоняется вперед, причем верхняя его часть, к которой прикреплены связки, отходит от задней стенки перстневидного и черпаловидного хрящей, что сопровождается увеличением длины связок. Сила и напряжение внутренних мышц гортани очень разнообразны и изменяются не только при усилении и повышении голоса, но и при разных его тембрах, даже при произношении каждой гласной. Высота голоса может изменяться в пределах около двух октав. У мужчин в связи с большим размером гортани и голосовых связок голос ниже, чем у детей и женщин, приблизительно на октаву.

**Участие мышц в голосообразовании (фонации).** В голосообразовании участвуют следующие мышцы:

1. Задние перстне-черпаловидные (расширяют голосовую щель).

2. Боковые перстне-черпаловидные (приближают голосовые связки к средней линии и тем самым отделяют подвязочное пространство от полости гортани и глотки).

3. Передние перстне-щитовидные (сокращаясь, натягивают голосовые связки, что приводит к повышению тона; кроме того, они помогают удерживать голосовую щель в замкнутом положении).

4. Внутренние щито-черпаловидные (входят в состав истинных голосовых связок; их волокна расположены в разных направлениях, поэтому могут меняться длина, ширина и толщина голосовых связок, а также их упругость).

ти...  
черпаловидных  
цевых...  
Мышцы...  
часть голосовых  
которая называется  
перечной и косой  
и пени дыхательной  
ностью, что приводит  
и вызывает कंपенс  
мышц гортани, ротово  
совой полостей. О  
надгортанник черпало  
танниковая и щито-на  
никовая мышцы.

Натяжение голосовых связок происходит или бл...  
сокращению мышечных...  
кон, составляющих сам...  
ки, — внутреннее...  
жение, или благода...  
свному растяжению...  
другими мышцами гор...  
внешнее натяжен...  
рактар функционирова...  
зок в этих двух случ...  
вершено различный.

У детей до 5 лет щ...  
паловидные (голосовые...  
цы отсутствуют и за...  
соединительной тканью...  
щечные волокна из на...  
лет начинают формиро...  
то-черпаловидные мыш...  
ют среднюю часть голо...  
свободного края. К 12...  
мышцы уже полностью...  
видных мышц, которые...  
ются к щитовидному хр...  
ных хрящей (рис. 37).  
5 лет. Дальнейший ска...  
я особенно интенсивно...  
17 лет.

Иннервация гортани...  
многочисленные ресеп...  
заящим через дыхател...



Наружные щито-черпаловидные помогают сближению истинных голосовых связок. Во внутренних и наружных щито-черпаловидных мышцах имеется наибольшее количество концевых двигательных нервно-мышечных пластинок.

Мышцы, упомянутые выше, суживают только мышечную часть голосовой щели. Хрящевая часть голосовой щели, которая называется дыхательной, смыкается сокращениями поперечной и косых межчерпаловидных мышц. Нередко при речи и пении дыхательная часть голосовой щели не смыкается полностью, что приводит к утечке воздуха при голосообразовании и вызывает компенсаторные движения дыхательных мышц, мышц гортани, ротовой и носовой полостей. Опускают надгортанник черпало-надгортанниковая и щито-надгортанниковая мышцы.

Натяжение голосовых связок происходит или благодаря сокращению мышечных волокон, составляющих самые связки, — внутреннее натяжение, или благодаря пассивному растяжению связок другими мышцами гортани — внешнее натяжение. Характер функционирования связок в этих двух случаях совершенно различный.

У детей до 5 лет щито-черпаловидные (голосовые) мышцы отсутствуют и заменены соединительной тканью, в которую проникают отдельные мышечные волокна из наружных щито-черпаловидных мышц. С 5 лет начинают формироваться самостоятельные внутренние щито-черпаловидные мышцы. К 7 годам голосовые мышцы занимают среднюю часть голосовых связок, но еще не доходят до их свободного края. К 12 годам наружные щито-черпаловидные мышцы уже полностью отделены от внутренних щито-черпаловидных мышц, которые становятся обособленными и прикрепляются к щитовидному хрящу и голосовым отросткам черпаловидных хрящей (рис. 37). Рост голосовых связок увеличивается с 5 лет. Дальнейший скачок в их росте наблюдается в 11—12 лет, и особенно интенсивно голосовые связки развиваются в 14—17 лет.

**Иннервация гортани.** В слизистой оболочке гортани имеются многочисленные рецепторы, раздражаемые воздухом, проходящим через дыхательные пути. Продолжительность их раз-



Рис. 37. Поперечное сечение гортани ребенка 12 лет:

1 — наружная черпало-щитовидная мышца; 2 — косые мышечные волокна внутренней черпало-щитовидной мышцы, вплетающиеся в край голосовой связки.



дражения при выдохе больше, чем при вдохе, так как время выдоха при спокойном дыхании превышает время вдоха примерно в 1,5 раза, а при речи и пении — до 20 и даже 30 раз.

У взрослого человека рецепторы слизистой оболочки расположены там, где слизистая оболочка непосредственно покрывает хрящи. Различаются три рефлексогенные зоны: 1) во круг входа в гортань, на задней поверхности надгортанника и по краям черпало-надгортанниковых складок; 2) на передней поверхности черпаловидных хрящей и в промежутке меж-

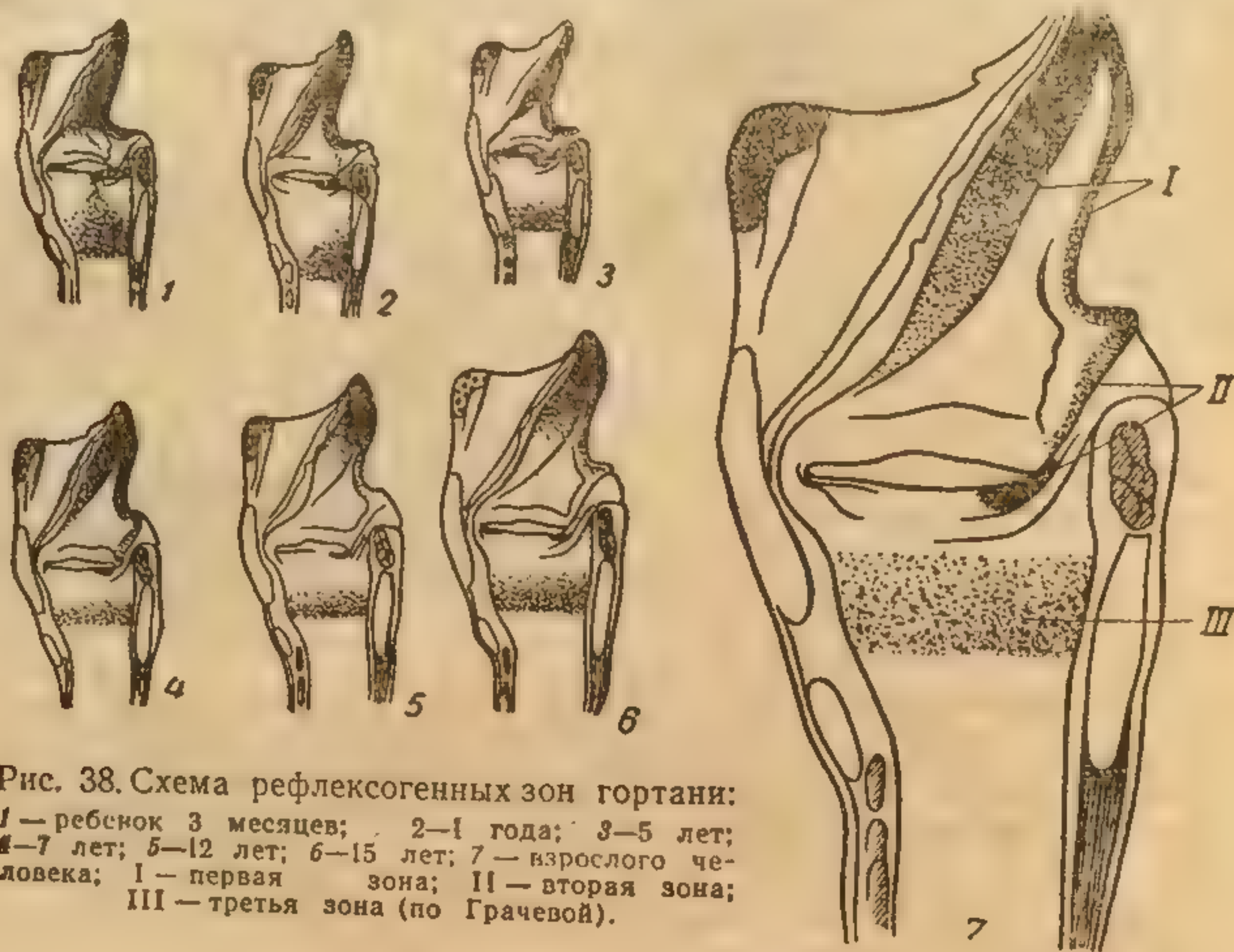


Рис. 38. Схема рефлексогенных зон гортани:  
1 — ребенок 3 месяцев; 2 — 1 года; 3 — 5 лет;  
4 — 7 лет; 5 — 12 лет; 6 — 15 лет; 7 — взрослого человека; I — первая зона; II — вторая зона;  
III — третья зона (по Грачевой).

ду их голосовыми отростками; 3) на внутренней поверхности перстневидного хряща, в полоске шириной в 0,5 см под голосовыми складками (рис. 38). Первая и вторая зоны рецепторов у взрослого человека соприкасаются только на вершинах черпаловидных хрящей. Рецепторы этих зон очень разнообразны. Часть рецепторов находится в железах слизистой оболочки, которые имеются во всех ее частях, кроме покрывающих истинные голосовые складки. Поверхностные рецепторы обеих зон находятся на пути вдыхаемого воздуха и воспринимают тактильные, температурные, химические и болевые раздражения. Они участвуют в рефлекторной регуляции дыхания и голосообразования и в защитном рефлексе закрытия голосовой щели. Глубоко расположенные рецепторы первой и второй зон находятся в надхрящнице, в местах прикрепления мышц, в заостренных частях голосовых отростков. Раздражение этих рецепторов происходит при голосообразовании и сигнализиру-



ет об изменениях положения хрящей и сокращениях мышц, участвующих в голосообразовании. Рецепторы третьей зоны отличаются однообразием. Они располагаются на пути выдыхаемого воздуха и раздражаются колебаниями давления воздуха при выдохе. Вместе с рецепторами первой и второй зон, особенно глубокими рецепторами мышечно-суставного аппарата, они участвуют в голосообразовании. Так как, в отличие от других скелетных мышц, в мышцах гортани человека нервно-мышечные веретена не обнаружены, то глубокие рецепторы первой и второй зон выполняют функцию проприоцепторов.

Большая часть афферентных волокон гортани проходит в составе верхнего гортанного нерва, а меньшая — в составе нижнего гортанного нерва.

Рефлексогенные зоны начинают формироваться у детей 1-го года. У детей до 5 лет первая и вторая рефлексогенные зоны сливаются друг с другом, вторая зона имеет большую протяженность, чем у взрослого, а третья зона не концентрирована, как у взрослого, и занимает всю слизистую оболочку до перехода в трахею. С 5 лет начинается обособление первых двух зон, а третья зона еще не оформлена. С 7 лет зоны уже отделены друг от друга, но имеют меньшие размеры. С возрастом рефлексогенные зоны все больше обособляются, увеличивается количество рецепторов, усложняется их строение, и они отчетливо различаются по строению и функции (см. рис. 38).

В слизистой оболочке гортани, в ее мышцах и по ходу гортанных нервов обнаружены скопления нервных клеток (нервные узлы), имеющие характерное расположение. Особенно много узлов по ходу верхних гортанных нервов и в местах скопления слизистых желез (рис. 39). Посредством этих узлов осуществляются местные вегетативные рефлексы слизи-

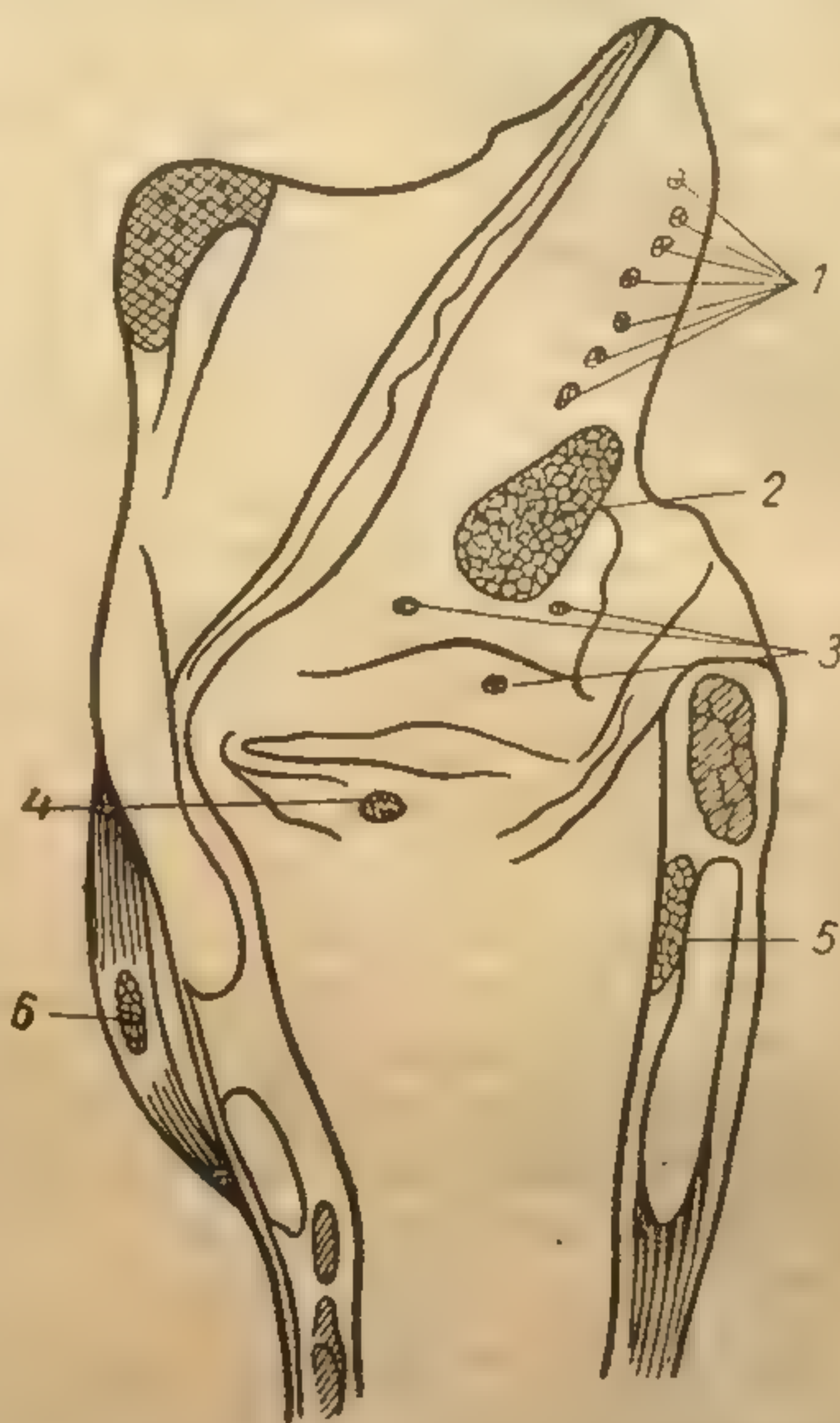


Рис. 39. Схема расположения нервных узлов в гортани человека:

- 1 — в слизистой оболочке надгортанника;
- 2 — в толще черпало-надгортанниковой складки;
- 3 — в желудочковой складке у детей;
- 4 — внутри голосовой мышцы;
- 5 — в подслизистой оболочке вблизи передней поверхности печатки перстневидного хряща;
- 6 — внутри прямой головки перстне щитовидной мышцы (по Грачеву).



стых желез, кровеносных сосудов и соединительной ткани гортани. Так как у детей больше желез, чем у взрослых, то у них, кроме постоянных нервных узлов, характерных для взрослых, имеются еще и многочисленные мелкие узлы и скопления нервных клеток.

Гортань иннервируется блуждающими и симпатическими нервами. Ветвями блуждающих нервов являются верхний гортанный нерв и нижний гортанный, или возвратный, нерв, иннервирующие мышцы гортани и содержащие афферентные волокна. Симпатические нервы иннервируют мышцы гортани, слизистые железы и кровеносные сосуды.

Двигательные волокна к перстне-щитовидным мышцам проходят в верхних гортанных нервах, к задним перстне-черпаловидным, голосовым и наружным щито-черпаловидным — в нижних гортанных нервах. Боковые перстне-черпаловидные, поперечная и косые межчерпаловидные, черпало-надгортанниковые и щито-надгортанниковые мышцы получают двигательные волокна в составе верхних и нижних гортанных нервов. При нарушении афферентной иннервации слизистой оболочки гортани не могут осуществляться защитные рефлексы — опускание надгортанника при глотании пищи. В результате поступление в трахею и бронхи пищи и слюны может привести к воспалению легких.

Из мышц, сухожилий и связок голосового аппарата поступают в подкорковые центры и в речедвигательный анализатор в лобных долях больших полушарий афферентные импульсы, благодаря которым обеспечивается безусловнорефлекторная и условнорефлекторная регуляция сокращений мышц гортани, что позволяет производить звуки речи и пения.

**Функция гортани.** Из продолговатого мозга по возвратным нервам к мышцам голосовых связок поступают залпы центробежных импульсов с частотой 500 в 1 секунду (для среднего голоса). Эта частота может увеличиваться вдвое, до 1000 в 1 секунду. Так как в голосовых связках человека все мышечные волокна вплетаются, как зубцы гребня, в эластическую ткань, изнутри покрывающую каждую голосовую связку, то последняя очень точно воспроизводит на своем свободном крае залпы импульсов возвратного нерва. Каждая мышечная единица сокращается с предельной быстротой. Продолжительность мышечного тока действия — 0,8 миллисекунды.

Во время произнесения звуков речи (фонации) все мышечные волокна голосовой связки одновременно сокращаются в ритме, в точности равном частоте голоса. Так называемая вибрация голосовых связок является быстрыми и ритмичными сокращениями мышечных волокон голосовых связок, каждое из которых вызвано залпом импульсов по возвратному нерву. Эти сокращения мышечных волокон при возбуждении возвратного



нерва происходят и при отсутствии тока воздуха, проходящего через гортань. После перерезки обоих верхних гортанных нервов и полном отсутствии прохождения воздуха через голосовую щель при раздражении возвратных нервов не получается и не слышится ни один звук. Однако при этом «вибрация» голосовых связок, т. е. сокращение их мышечных волокон, происходит. Следовательно, она зависит только от раздражения возвратных нервов.

Установлены следующие закономерности: 1) высота звука, производимого гортанью, совершенно не зависит от величины давления под голосовыми связками и не изменяется при его повышении или понижении; 2) давление под голосовыми связками влияет только на интенсивность звука, формирующегося в гортани. Она мала при малом давлении и параболически возрастает при линейном повышении давления.

Сила, развиваемая мышечными волокнами голосовых связок в течение 0,8 миллисекунды, в 10 раз превышает максимальную силу давления воздуха под голосовыми связками. Поэтому эта максимальная сила давления воздуха под гортанью не изменяет движения голосовых связок. Однако это давление воздуха раздражает рецепторы третьей рефлексогенной зоны и рецепторы голосовых связок. При этом рефлекторно повышаются возбудимость и тонус мышечных волокон, голосовые связки быстрее натягиваются и сокращаются. Каждое сокращение немного раздвигает их.

Таким образом, электрофизиологические исследования (Мулунье) в корне изменили прежние представления. При каждом расхождении голосовых связок периодическое прохождение воздуха под давлением из подгортанного пространства образует собственно гортанный звук, который превращается в вокальный звук в полости рта и глотки.

Воздух, выжимаемый из легких, проходит между периодически расходящимися и смыкающимися голосовыми связками, что приводит окружающий воздух в колебательное состояние; возникает звуковая волна, которая распространяется в пространстве во всех направлениях со скоростью 343 м/сек.

При разговорной речи высота голоса держится в пределах, требующих наименьшего напряжения голосовых связок: у мужчин в тонах от «а» до «е», у женщин и детей на октаву выше.

Голоса людей производят звуковые колебания от 80 до 1025 в секунду. Диапазон голоса у каждого человека равняется приблизительно двум октавам и только в исключительных случаях доходит до четырех октав.

Различаются голосовые регистры: бас — 80—341 колебание в секунду, тенор — 128—518, альт — 170—683, сопрано — 246—1024.



Голосовой регистр зависит от частоты центробежных импульсов, поступающих к мышечным волокнам голосовых связок, и, следовательно, от частоты их сокращений. Однако имеет значение и длина голосовых связок. У женщин она меньше, чем у мужчин (15—18 мм у женщин и 20—24 мм у мужчин). Поэтому голос у женщин выше, чем у мужчин. В периоде полового созревания у подростков мужского пола значительно увеличивается размер гортани. Наступающее при этом удлинение голосовых связок приводит к переходу голоса на более низкий регистр.

Сила голоса зависит от амплитуды колебаний голосовых связок и находится в прямом соотношении с давлением внутри трахеи. Чем сильнее звук, тем больше давление. Тембр голоса характеризуется наличием в звуке определенных частичных тонов, или обертонов. В голосе человека насчитывают более 20 обертонов, из которых наибольшей громкостью обладают первые 5—6 обертонов с числом колебаний приблизительно от 256 до 1024 в секунду.

При спокойном дыхании голосовая щель широко открыта, воздух свободно проходит в легкие и из легких, а при фонации голосовые связки, как упоминалось, напряжены и закрывают голосовую щель, открываясь на очень короткие промежутки времени.

**Воздушные резонаторные полости.** Уже сформировавшиеся при прохождении через голосовые связки звуковые волны поступают в полость глотки, рта и носа. В голосообразовании эти полости имеют второстепенное, но весьма важное значение. Считается, что в них тембр голоса изменяется вследствие резонанса. Индивидуальный тембр голоса того или иного человека зависит от формы этих полостей. Эти полости оказывают влияние на голосообразование гортани и голосовых связок. Наибольшее значение имеют полость глотки и ротовая полость, так как их форма и объем изменяются в широких пределах, благодаря исключительной подвижности языка, движениям мягкого нёба и нижней челюсти, сокращениям глоточных сжимателей и движениям надгортанника. Стенки этих полостей мягки, т. е. вынужденные колебания в них возбуждаются звуками различной частоты и в довольно широком диапазоне. Важно подчеркнуть, что ротовая полость является, кроме того, резонатором с большим отверстием во внешнее пространство и поэтому излучает звук или, применяя термин радиотехники, является звуковой антенной. Полость носоглотки, как лежащая сбоку от основного потока, может являться звуковым фильтром, так как она может поглощать определенные тоны и не выпускать их наружу. Особенно важна эта роль носоглотки в пении для придания звуку голоса известной окраски. «Гнусавый» оттенок звука получается в том случае, ес-



ли нёбная заслонка открыта и значительный ток воздуха попадает в нос. При этом полном опускании нёба до соприкосновения с корнем языка носовая и носоглоточная полости принимают активное участие в образовании звука голоса. Если же мягкое нёбо приподнято кверху до соприкосновения с задней стенкой глотки, то нос и носоглотка совершенно отделяются от ротовой полости и исключаются как резонаторы; при этом звуковые волны распространяются в пространство через открытый рот. Резонаторные полости оказывают огромное влияние на акт речи, так как производство гласных и согласных зависит не от гортани, которая определяет только высоту звука, а от формы ротовой полости и глотки и взаимного расположения находящихся в них органов. Влияние резонаторных полостей на образование звуков речи отчетливо выступает в случае искусственной гортани, когда подведением звука через трубку в ротовую полость удается получить относительно хорошее воспроизведение большинства звуков речи. При изучении формы ротовой полости и глотки удалось обнаружить, что при образовании всех без исключения гласных резонаторная полость разделена на две части, связанные между собой узким промежутком, что проявляется в образовании двух различных резонансных частот. При фонации гласных «у», «о», «а» сужение образуется между корнем языка и нёбной заслонкой, при фонации «е» и «и» сужение образуется между поднятым кверху языком и твердым нёбом. Таким образом, при фонации получаются два резонатора: задний резонатор большого объема (низкого тона) и передний, узкий, небольшой резонатор (высокого тона). Увеличение ротового отверстия повышает тон резонатора и увеличивает его затухание.

При изучении формы полостей глотки и рта при произнесении различных звуков при помощи лучей Рентгена удалось обнаружить, что прежние определения были довольно точными. При фонации сильное влияние на качество звука и характер гласной оказывают поверхности, ограничивающие резонаторные полости, а именно: губы, зубы, твердое и мягкое нёбо, язык, надгортанник, стенки глотки и ложные связки. При фонации согласных звук производится не только голосовыми связками, но и трением струи воздуха, прорывающейся между зубами (с), между языком и твердым нёбом (ж, з, ш, ч) или между языком и мягким нёбом (г, к), между губами (б, п), между языком и зубами (д, т), при прерывистом движении языка (р), при звучании носовой полости (м, н).

Каждый звук голоса, кроме тембра, имеет еще и характер той или иной гласной. Последняя характеристика исчезает при закрытом рте.

Для объяснения причины возникновения гласных предложена следующая теория. Звук, даваемый голосовыми связка-



ми, имеет в своем составе большое количество обертонов. Так как полости глотки и рта представляют собой сплошной формы резонатор, то происходит усиление всех обертонов, расположенных близко от собственной резонансной частоты этого резонатора.

При произнесении гласных «у», «о» и «а» резонатор состоит из одной полости, а при произнесении гласных «е» и «и», как упоминалось, резонатор двойной. Задний резонатор усиливает низкую область частот, а передний — высокую. Следовательно, составные части звука гласных являются гармоническими обертонами основного тона, даваемого голосовыми связками: число их колебаний в целое число раз превышает число колебаний основного тона. Усиление обертонов происходит при любой резонансной настройке ротовой полости как резонатора с мягкими и подвижными стенками, независимо от основного тона произносимого и издаваемого звука. Эти усиливающиеся обертоны называются формантами. Из 5 основных гласных каждая характеризуется формантами разной высоты. Для «у» число колебаний в секунду равно 260—315, для «о» — 520—615, для «а» — 650—775, для «е» — 580—650, для «и» — 2500—2700. Кроме этих тонов, в каждой гласной имеются еще более высокие форманты, число колебаний которых доходит до 2500—3500. Когда произносятся гласные «е» и «и», эти вторые форманты звучат гораздо сильнее, чем тогда, когда произносятся гласные «а», «о» и «у». Предполагается, что если тон форманты расположен близко к собственному тону ротовой полости, то гласная звучит более отчетливо и ясно.

Кроме указанной теории, существует еще другая, согласно которой гласные зарождаются уже в голосовой щели, а деятельность связок неодинакова и зависит от того, какая гласная произносится.

В пользу второй теории приводится факт автоматической регуляции внутрибронхиального давления в связи с изменением режима голосовых связок при произнесении отдельных гласных. При этом ясность произнесения гласных меняется в зависимости от воздушного давления на сомкнутые связки.

Тот факт, что при произнесении каждой гласной форма рта и глотки, положение языка и губ различны, указывает на то, что в образовании гласных определяющее значение имеет резонанс ротовой и носовой полостей. Сложная деятельность мускулатуры, изменяющей их форму, совершается автоматически и в координации с деятельностью мышц голосовых связок и дыхательных мышц.

Чрезвычайно важным для теории образования гласных является то, что все гласные, а не только «е» и «и», как считалось раньше, обладают двойной формантой. Это позволяет искусственно воспроизводить гласные при помощи двойных резо-



наторов, которые были сконструированы с подражанием форме ротовой полости и глотки.

Согласные образуются в ротовой и носовой полостях при условии возникновения в них препятствий звуковой волне, поступающей из гортани. При этом части волны набегают друг на друга и возникают шумы. Следовательно, согласный звук является видоизменным гласным звуком. Как и гласные, некоторые согласные обладают формантами, не гармоническими с тоном голосовых связок.

Таким образом, двигательные явления, лежащие в основе речи, происходят в полости рта, зева и носа. Они заключаются в издавании звуков и шумов. Шепотная речь образуется благодаря шуму, который получается при трении воздуха о тупой край голосовой связки во время его прохождения через умеренно суженную голосовую щель. При громкой речи, вследствие положения голосовых отростков, к воздушной струе направлены острые края голосовых связок. Следовательно, эта разница определяется фонацией, т. е. функцией голосовых связок. Разнообразие речевых звуков зависит от мышц голосового аппарата. Оно определяется преимущественно артикуляцией, т. е. движением губ, языка, нижней челюсти, мягкого нёба, глотки и гортани.

**Фонема** — устойчивый звук речи, определенное звуковое представление, обусловленное определенным положением речевого аппарата при данном звуке.

Гласные звуки возникают при характерном формировании ротовой полости, через которую прогоняется воздух, и имеют определенную высоту тона и определенный тембр:

В тот момент, когда произносится гласный звук, ротовую полость можно сравнить с музыкальным инструментом, который также издает не только звуки определенной высоты, но и оттенка. Тембр, как упоминалось, обусловлен числом и высотой обертонов, свойственных гласному звуку.

Согласные звуки — это, как указывалось, шумы, образующиеся в определенных местах ротовой и носовой полостей.

Таким образом, при произнесении слов происходит весьма сложная и тонкая координация деятельности органов голосового аппарата, вызываемая большими полушариями и прежде всего расположенными в них анализаторами речи, благодаря притоку центростремительных импульсов из органов речи и дыхания. Следовательно, в функции устной речи решающее значение имеет кинестезия.



## VIII. ФИЗИОЛОГИЯ ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЕТЕЙ

### 1. РАЗВИТИЕ МОТОРИКИ У ДЕТЕЙ

Взаимная связь развития нервной системы и координации движений. Возрастные изменения строения и функций скелетной мускулатуры ребенка связаны с развитием его нервной системы и скелета. Ведущая роль в развитии нервной системы, и в особенности двигательного анализатора, а также скелета принадлежит сокращениям скелетных мышц, составляющим поведение организма в соответствии с воздействиями на него внешней среды. Это обусловлено тем, что сокращения скелетной мускулатуры вызываются воздействиями внешней среды на органы чувств (экстеро- и проприоцепторы), из которых афферентные импульсы поступают в нервную систему и влияют на ее развитие и на рост и формирование костей.

Развитие координации движений у детей взаимосвязано с развитием строения их нервной системы, в особенности с миелинизацией нервных волокон. Некоординированность, хаотичность движений новорожденного обусловлена отсутствием миелинизации подавляющего большинства эфферентных двигательных волокон.

Отделы нервной системы, выполняющие наиболее сложные функции, миелинизируются позднее других, выполняющих менее сложные функции. Нейроны коры больших полушарий миелинизируются позднее других нейронов, расположенных в подкорковых образованиях. Эфферентные, проекционные нервные волокна, расположенные радиально, миелинизируются раньше нерадиально расположенных ассоциационных волокон, по которым осуществляется тонкая координация функций анализаторов больших полушарий и афферентных волокон. Развитие координации движений у детей непосредственно связано с разными сроками созревания отдельных участков двигательного анализатора. Это объясняет причину появления различных движений в разные сроки.

Процесс миелинизации завершается к 10 годам. Мышцы, принадлежащие к 18 группе, развиваются к 18 годам.

Развитие скелетной мускулатуры. Все скелетные мышцы происходят из мезодермы. Развитие скелетной мускулатуры происходит примерно до 2 лет. В этот период продолжаются физическое развитие и увеличение веса. Увеличение веса происходит за счет скелетной мускулатуры (рис. 40).

У взрослого человека вес скелетной мускулатуры в 21 раз больше, чем у новорожденного, вес скелетной мускулатуры в 37 раз (таб. 1).

Вес скелетной мускулатуры у взрослой женщины составляет 30—35% веса тела, у мужчины — 40—45%.

Сила мышц усиливается с возрастом. Прочность мышц увеличивается с возрастом.

Мышцы у детей развиваются быстрее, чем у взрослых. Они обладают большей эластичностью. Они удлиняются при сокращении. Они прикрепляются к костям дальше от оси, чем у взрослых, у которых они прикрепляются ближе к оси. Это способствует увеличению силы сокращения мышц у взрослых.

Среднее значение силы мышц и м

Вес мышц (в % к весу тела)
Сила мышц руки (кг)
Становая сила (кг)



Процесс миелинизации нервных волокон в основном заканчивается к 10 годам жизни, а рост нервных клеток, которым принадлежат нервные волокна, заканчивается в основном приблизительно к 18 годам.

**Развитие скелетных мышц у детей.** У новорожденного имеются все скелетные мышцы. С возрастом рост и формирование мышц происходит параллельно с ростом и формированием скелета примерно до 20—25 лет, после чего мышцы у людей, занимающихся физическим трудом и физическими упражнениями, продолжают увеличиваться в объеме и весе.

Увеличение веса тела с возрастом происходит главным образом за счет скелетной мускулатуры (рис. 40).

У взрослого вес тела в среднем в 21 раз больше, чем у новорожденного, вес скелета — в 27 раз, а вес скелетной мускулатуры — в 37 раз (табл. 5).

Вес скелетной мускулатуры взрослой женщины составляет 30—35% веса тела, а взрослого мужчины — 40—45%. С возрастом усиливается упругость и прочность мышц и сухожилий. Эластичность соединительной ткани с возрастом уменьшается.

Мышцы у детей эластичнее, чем у взрослых. Они больше укорачиваются при сокращении и больше удлиняются при растяжении. Они прикрепляются к костям дальше от осей вращения суставов в отличие от взрослых, у которых они прикрепляются ближе к суставам. Поэтому у детей сокращение мышц происходит с меньшей потерей силы, чем у взрослых.

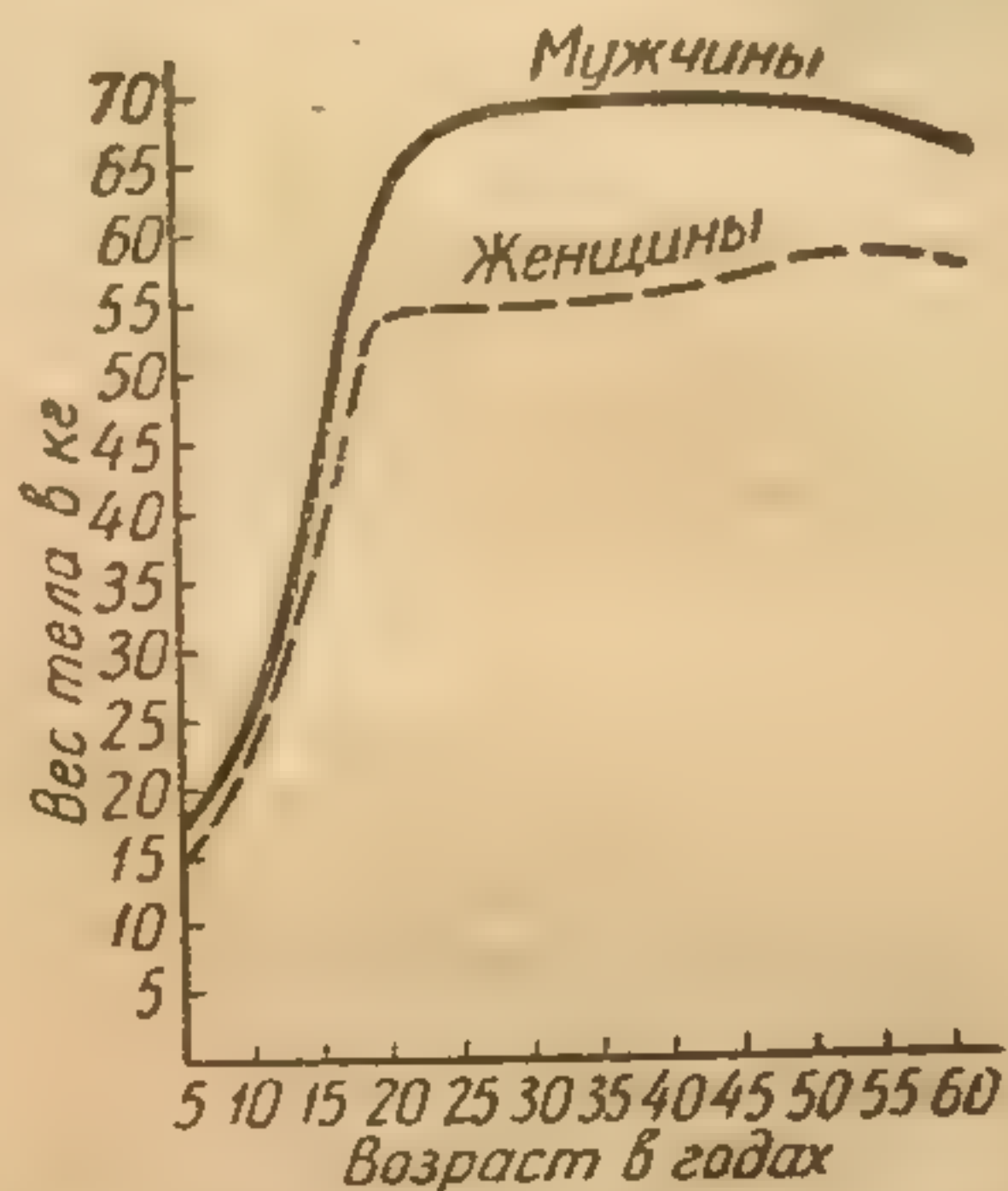


Рис. 40. Возрастное увеличение веса тела в килограммах у мужчин (вверху) и у женщин (внизу).

Таблица 5

Среднее возрастное отношение веса мышц к весу тела и мышечная сила (по А. В. Молькову)

	Новорожденные	8 лет	12 лет	15 лет	18 лет	Взрослые
Вес мышц (в % к весу тела)	23,3	27,2	29,4	32,6	44,2	41,8
Сила мышц руки (кг)		17,5	25,2	36,4	44,1	49,3
Становая сила (кг)		35,0	52,0	92,0	125,0	155,0



Развитие мышц происходит неравномерно (рис. 41). В 4—5 лет развиты мышцы плеча и предплечья, но недостаточно развиты мышцы кисти рук. Мускулатура кисти особенно развивается в 6—7 лет, когда ребенок производит легкую работу и начинает приучаться к письму.

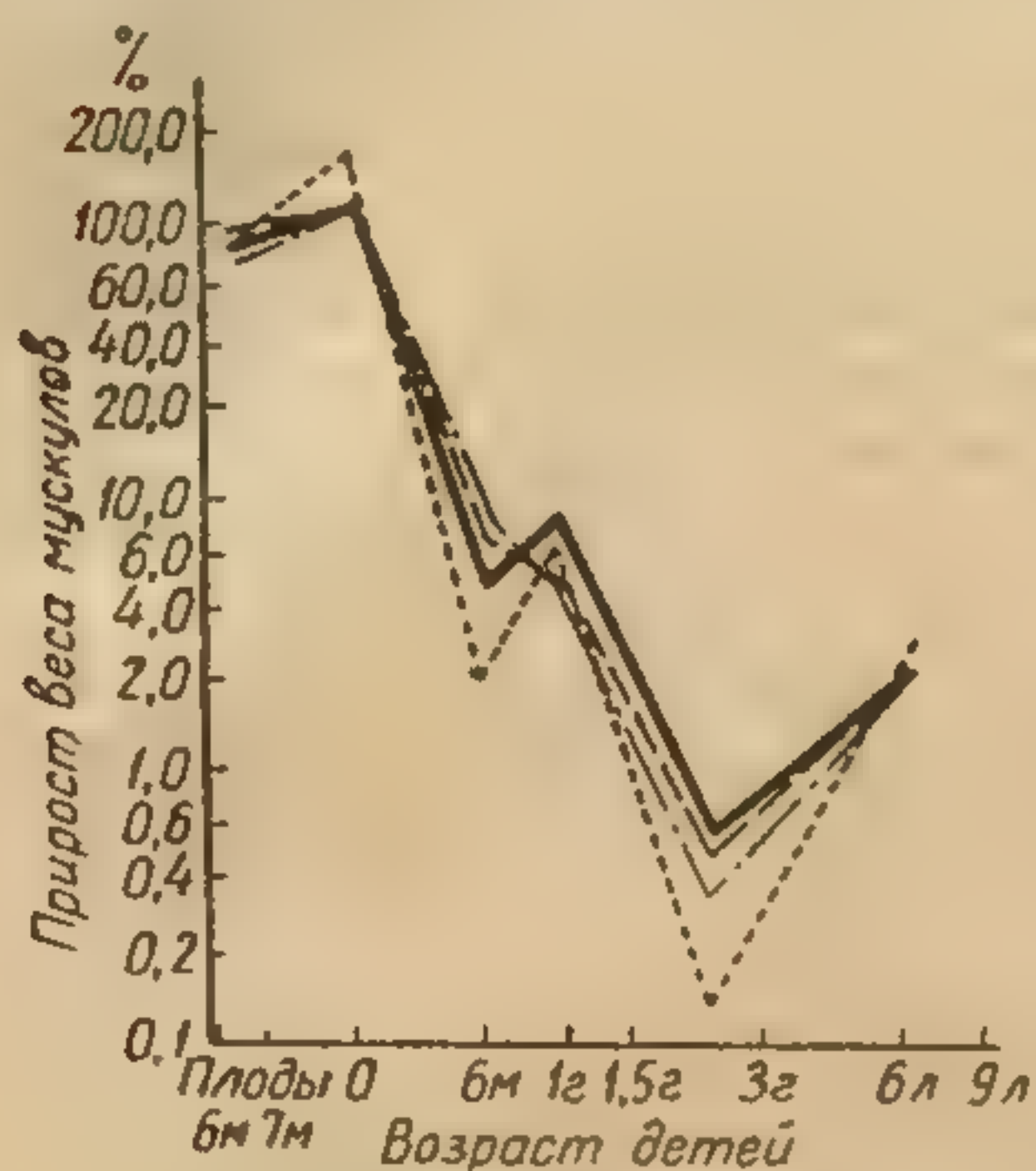


Рис. 41. Прирост веса мышц брюшной стенки у детей по годам (по Катинас).

ро устают во время письма, рисования, работы с иглой. Вместе с тем в дошкольном и младшем школьном возрастах отмечается большая подвижность детей. Дошкольник к 7 годам совер-

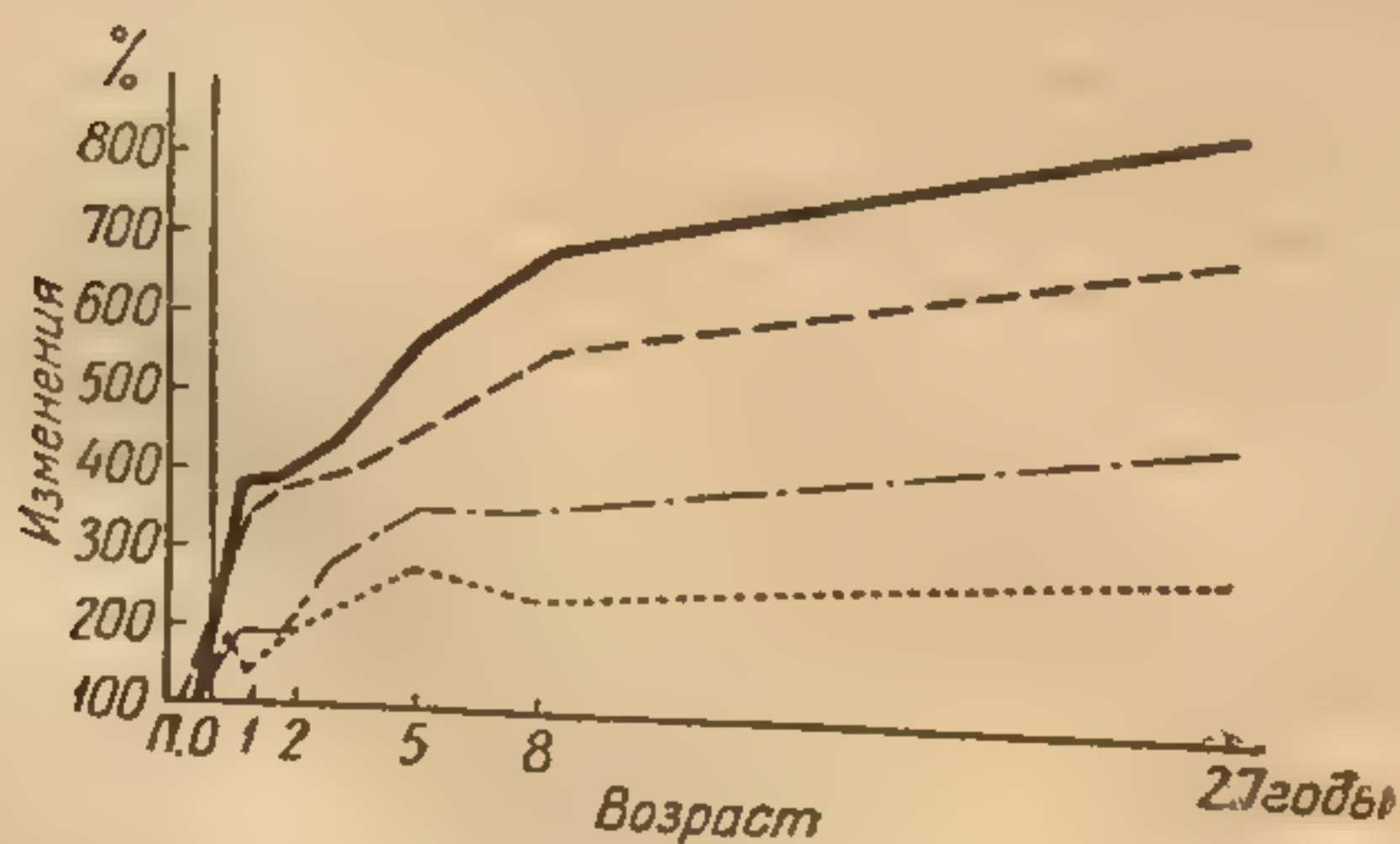


Рис. 42. Возрастные изменения анатомического и физиологического поперечников длинного сгибателя большого пальца у детей (по Яковлевой).

шает больше движений, чем взрослый человек, но расходует на их производство меньше энергии (табл. 6).

С возрастом происходит созревание мышечных волокон. Это обнаружено по изменению частоты и амплитуды биотоков, отводимых с двуглавой мышцы плеча при удержании груза.

Наибольшим весом и физиологическим поперечником обладают мышцы пальцев, в первую очередь те, которые осуществляют хватательный рефлекс. Сгибатели кисти имеют относительно меньший вес и физиологический поперечник.

Ввиду недостаточной координации сокращений мелких мышц дошкольники с трудом производят мелкие и точные движения. Поэтому они быстро устают во время письма, рисования, работы с иглой. Вместе с тем в дошкольном и младшем школьном возрастах отмечается большая подвижность детей. Дошкольник к 7 годам совер-

У детей 7—8 лет...  
...детей по мере увелич...  
...детей о функ...  
...волокон.

У детей 12—14...  
...с двуглавой м...  
...6—9 секунд удерж...  
...уменьшаются в бол...  
...лость мышечных во...

Возрастные изме...  
...расте имеется очен...  
...рук и сгибателей б...

У школьников пр...  
...тонического сокращ...  
...дражением proprio...  
...кое оказывают ра...  
...сти бедра, является...

С возрастом изм...  
...таться. Эта способн...  
...занность движений...

девочек до 14—15 л...  
...личивается с 14—15...

Тонический рефл...  
...мышц, преодолеваю...  
...в этом рефлексе п...

К 6—7-летнему воз...  
...стояния еще оконча...  
...равномерно соверше...

стойчивость тела...  
...ной опоре, способно...  
...а при смещен...  
...равновесия глаз уст...

Если зрительного а...  
...с возрастом увелич...



Таблица 6

Распределение расхода энергии в % в течение суток  
на различные виды деятельности у новорожденного ребенка  
и у взрослого (по А. Ф. Туру)

	На основ- ной обмен	На мышеч- ную дея- тельность	На рост тела	На другие виды дея- тельности
Ребенок . . . . .	60,0	15,0	15,0	10,0
Взрослый . . . . .	60,0	25,0	0	15,0

У детей 7—8 лет уменьшение частоты и амплитуды прогрессирует по мере увеличения времени удержания груза, что свидетельствует о функциональной незрелости части мышечных волокон.

У детей 12—14 лет амплитуда и частота биотоков, отводимых с двуглавой мышцы плеча, не изменяются на протяжении 6—9 секунд удерживания груза на максимальной высоте или уменьшаются в более поздние сроки, что указывает на зрелость мышечных волокон.

**Возрастные изменения тонуса мышц.** В раннем детском возрасте имеется очень сильный тонус некоторых мышц (кисти рук и сгибателей бедра), который затем уменьшается.

У школьников происходят дальнейшие возрастные изменения тонического сокращения мышц, вызываемого рефлекторно раздражением проприоцепторов. Например, противодействие, которое оказывают разгибанию колена мышцы задней поверхности бедра, является еще большим в 8—9 лет. Оно уменьшается в 10—11 лет, а затем снова значительно возрастает.

С возрастом изменяется также способность мышц расслабляться. Эта способность увеличивается, и, следовательно, скованность движений уменьшается у мальчиков до 12—13 лет, у девочек до 14—15 лет. Скованность движений затем снова увеличивается с 14—15 лет. У мальчиков 16—18 лет она значительно больше, чем у девочек.

Тонический рефлекс прямостояния обусловлен сокращением мышц, преодолевающих силу притяжения Земли. Основная роль в этом рефлексе принадлежит проприоцепторам мышц ног. К 6—7-летнему возрасту способность сохранять позу прямостояния еще окончательно не сформирована и продолжает неравномерно совершенствоваться в школьные годы до 14—15 лет. Устойчивость тела при стоянии на неподвижной горизонтальной опоре, способность сохранять позу, с возрастом увеличивается, а при смещении опоры, наоборот, уменьшается. При закрывании глаз устойчивость тела при стоянии уменьшается. Роль зрительного анализатора в сохранении позы прямостояния с возрастом увеличивается (рис. 43).



**Возрастные изменения силы мышц.** С возрастом увеличивается сила мышечных сокращений, что обусловлено развитием психики, высшей и низшей нервной деятельности, особенно трофической функции, увеличением массы мышц, изменениями их строения и происходящих в них биохимических процессов.

Сила мышц является наибольшей в 20—30 лет, что зависит в значительной мере от тренировки. Предельный груз, который дети 7—8 лет могут вытянуть правой рукой, равняется в сред-

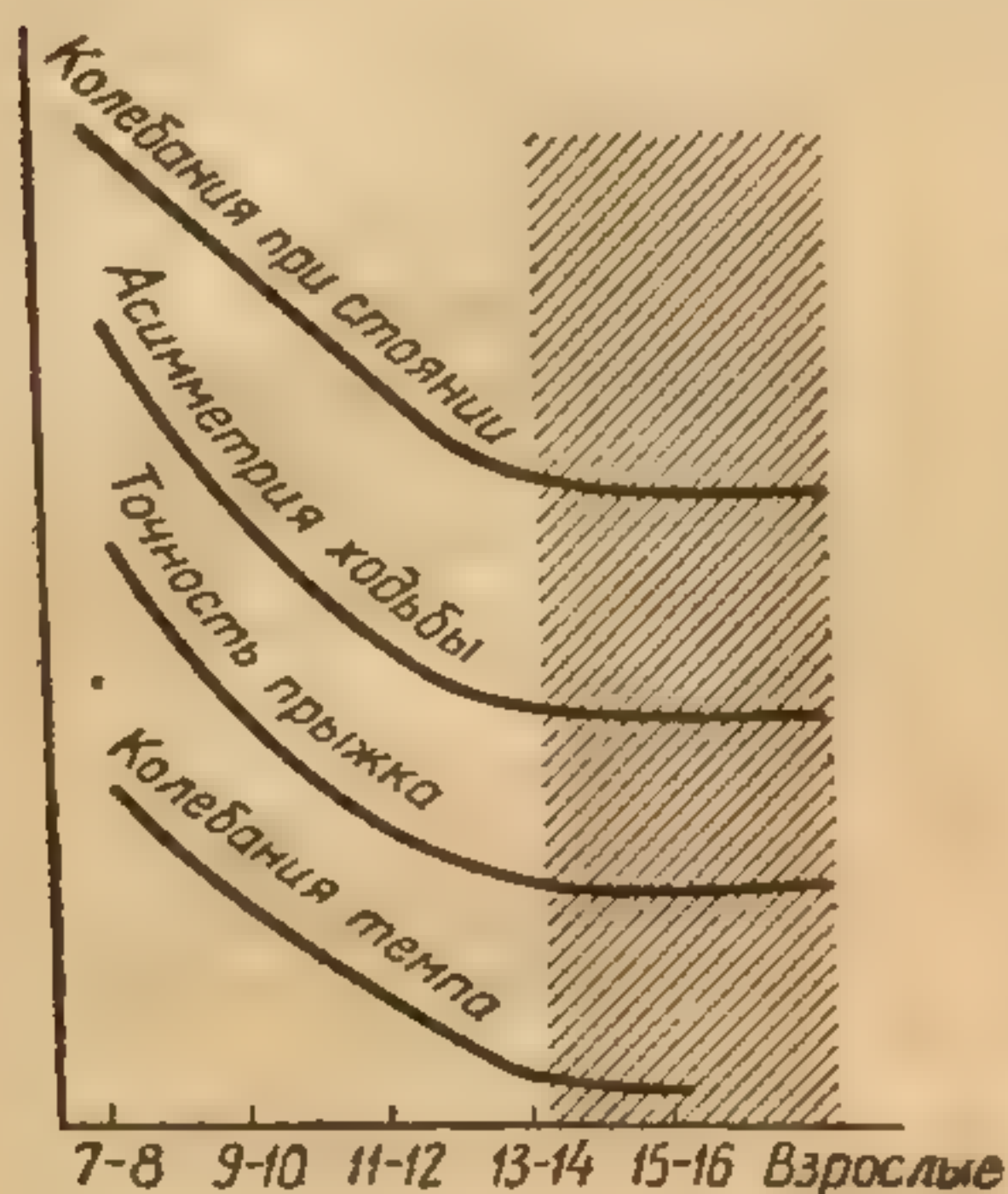


Рис. 43. Возрастные изменения в ориентировке движений детей в пространстве и времени (по Фарфелю).

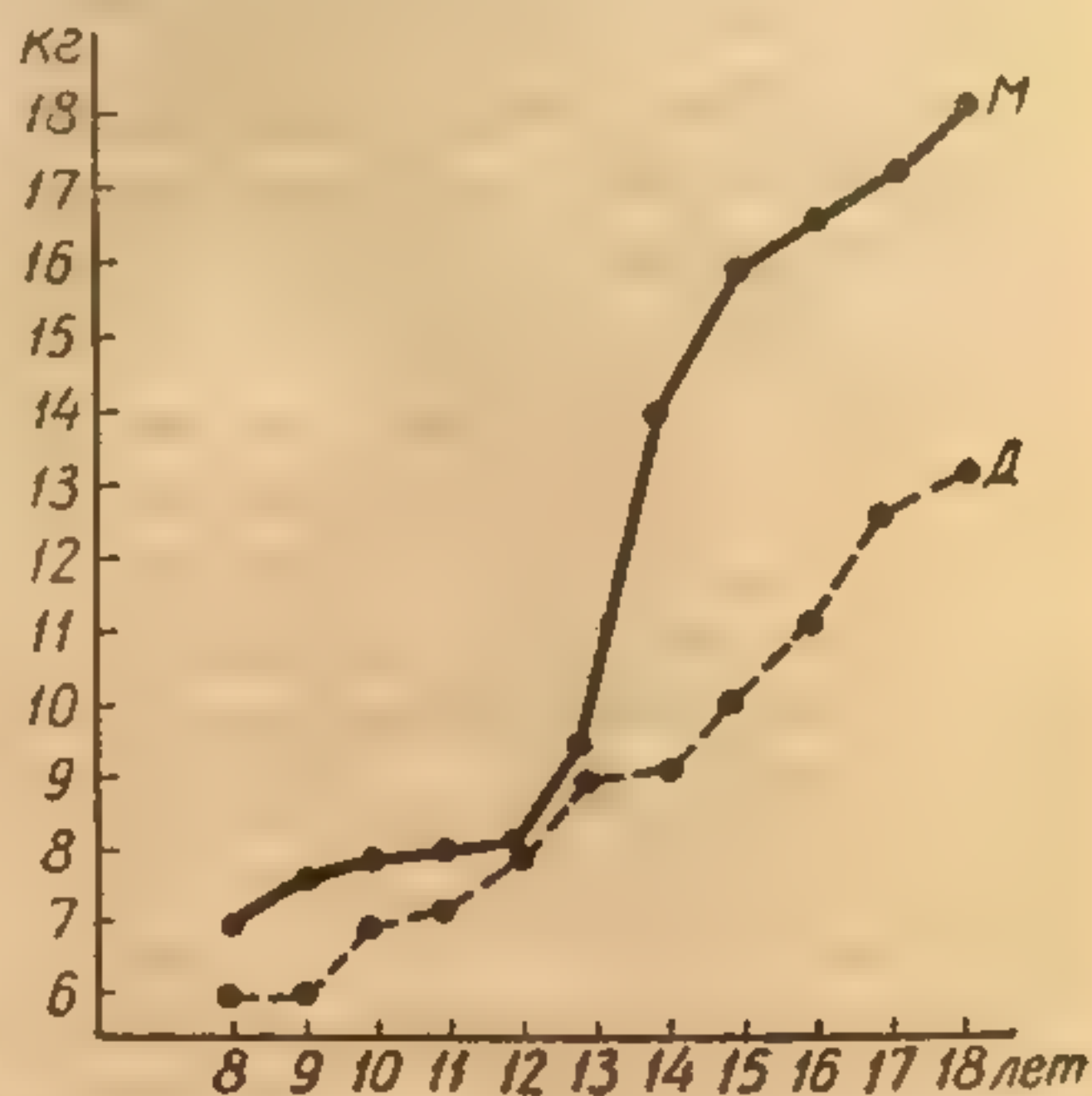


Рис. 44. Возрастные изменения силы сгибателей предплечья (по Фарфелю): М — мальчики; Д — девочки.

нем 2,7 кг, а левой — 2,5 кг. Для правой руки колебания составляют 2—4,3 кг, а левой — 1,3—4 кг.

Предельный груз для детей 12—14 лет для правой руки равняется в среднем 6,6 кг, а левой — 6 кг. Пределы колебаний груза для правой — 5—8 кг, а левой — 4,5—8 кг (рис. 44). Сила мышц правой руки при сжатии ручного динамометра для детей 7—8 лет в среднем 10,6 кг, а левой руки — 9 кг. Пределы колебаний для правой руки — 8—15 кг, для левой — 7—10 кг.

Мышечная сила правой руки с 8 до 12 лет возрастает у мальчиков с 17,5 до 29 кг, а у девочек — с 17,5 до 26 кг. У детей 12—14 лет мышечная сила в среднем для правой руки 20 кг, а левой — 18 кг. Пределы колебаний для правой руки 15—26 кг, а левой — 13—22 кг. Следовательно, кроме возрастных, существуют значительные индивидуальные колебания.

Сила сжатия кисти у мальчиков с 5 до 17 лет увеличивается в 6 раз, а у девочек — в 5 раз. В 7—9 лет сила кисти у мальчиков и девочек почти одинакова (рис. 45).



После 9 лет ежегодный прирост силы возрастает и достигает максимума у девочек с 9 до 14 лет, а у мальчиков — с 13 лет. Сила сжатия кисти у мальчиков с 9 лет больше, чем у девочек, и это преобладание силы кисти особенно возрастает у них с 13 лет.

Способность различения силы сокращений мышц кисти при закрытых глазах также изменяется с возрастом. Она увеличивается с 11 до 16 лет.

Сила мышц изменяется в зависимости от их напряжения во время сокращения. При производстве движений с преодолением большого сопротивления (приближающихся к изометрическим) с возрастом сила мышц увеличивается, особенно резко в 12—13 лет, и достигает максимума у мальчиков в 18 лет. При производстве движений с преодолением малого сопротивления наибольший прирост силы происходит у мальчиков в 13—14 лет. Далее с возрастом значительного возрастания силы не происходит, так как эти движения не связаны с увеличением физиологического поперечника мышц.

Сила мышц изменяется также в зависимости от утомления, вызванного предшествовавшей работой.

У школьников 16—18 лет после велопробега на дистанции 20 и 50 км и бега на 800—1500 м сила сжатия кисти правой руки уменьшилась на 2—5 кг, а станова́я сила — на 15—30 кг.

С 7—9 лет до 13—15 лет сила мышц ног увеличивается примерно в 2 раза, а сила мышц рук — еще больше.

Станова́я сила подростков в 16—17 лет значительно приближается к силе 20—30-летних (рис. 46).

С целью предупреждения деформации скелета ограничивается участие подростков в производственных процессах, связанных с подъемом тяжестей. Вес груза при переноске вручную не должен превышать 20 кг.

Возрастные изменения возбудимости и лабильности двигательного аппарата. С возрастом увеличивается продолжительность мышечных сокращений. Скрытый период двигательного рефлекса в 9—11 лет приближается к скрытому периоду у взрослых и к 13—14 годам достигает его.

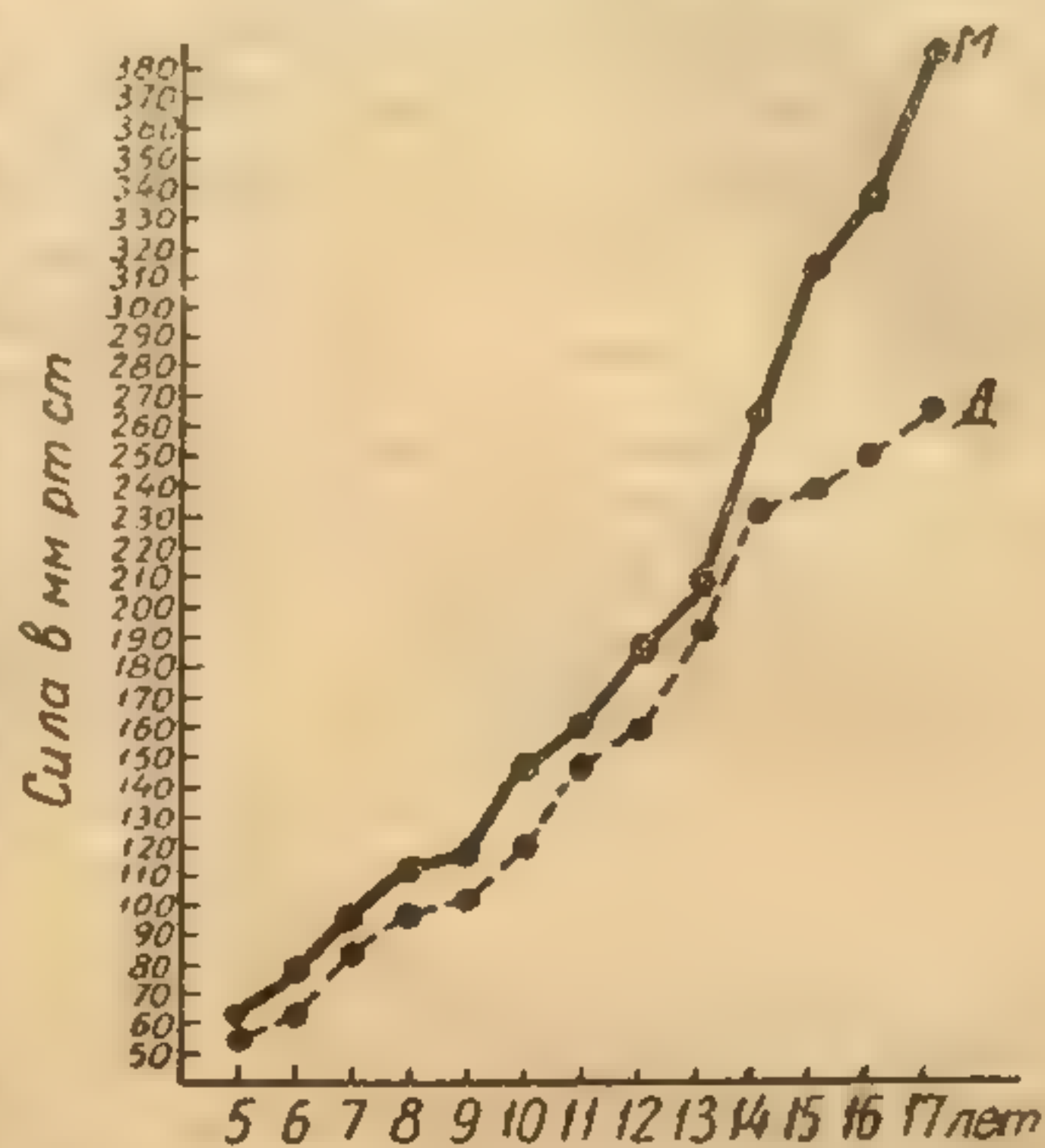


Рис. 45. Возрастные изменения силы кисти (по Фарфелю): М — мальчики, Д — девочки.



В разных возрастах неодинаковое суммарное время двигательной реакции — величины скрытого периода и длительности сокращения — различных групп скелетных мышц. Наибольшая быстрота наступления движений и наименьшая их продолжительность свойственна мышцам кисти, которые в жизни тренируются больше других мышечных групп. Суммарное время двигательных реакций является наименьшим для мышц пальцев рук в 16—40 лет, кисти — 9—11, предплечья, плеча, туловища — 20—30, шеи — 20—30, бедра — 13—14, голени и стопы — 20—30 (А. В. Коробков).

Так как в естественных условиях мышцы сокращаются благодаря притоку центробежных импульсов, поступающих из

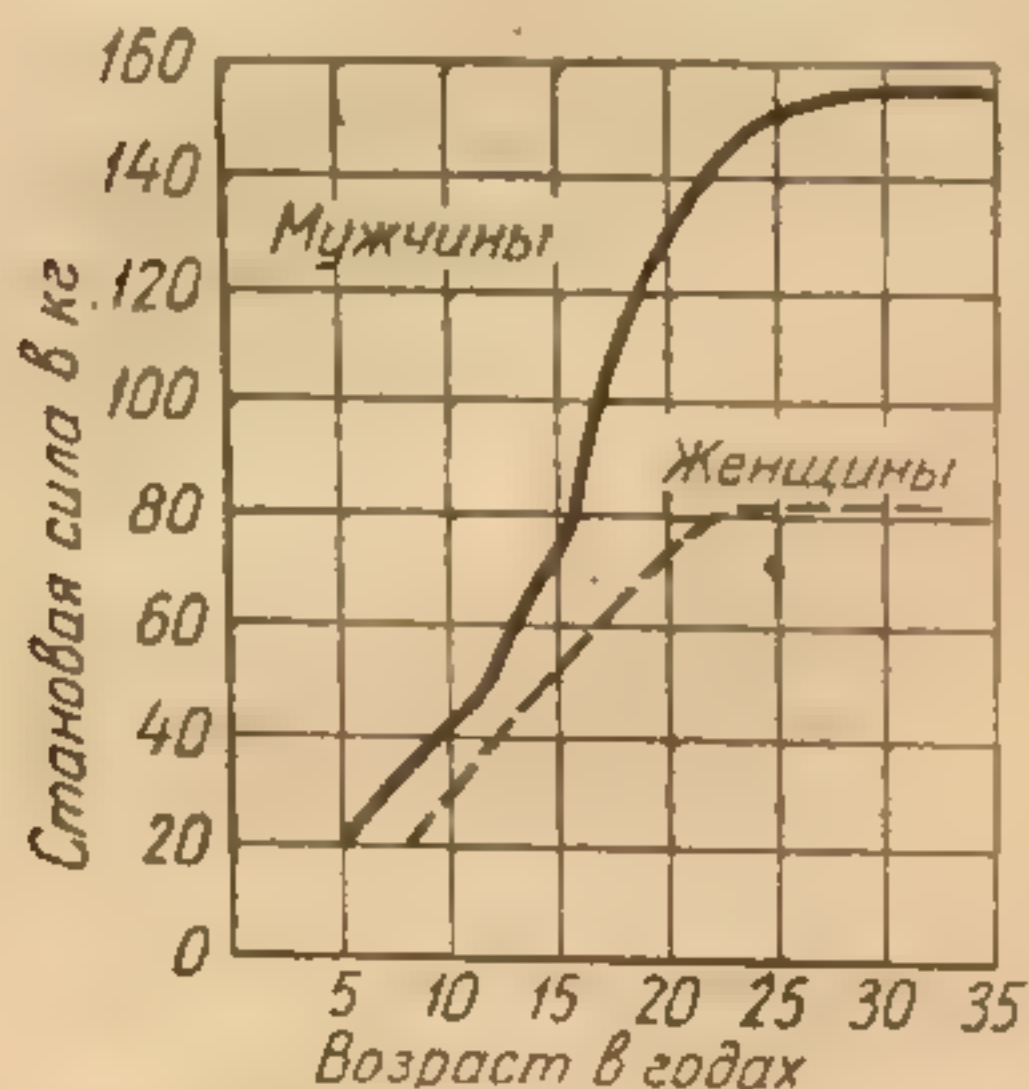


Рис. 46. Возрастные изменения становой силы.

нервной системы по двигательным нервам, то для работы двигательного аппарата имеют значение и возрастные изменения физиологических свойств нервов.

При определении хронаксии учитывается только фактор времени, но не учитывается фактор пространства, неразрывно с ним связанный. Кроме того, минимум энергии раздражения не всегда равняется 2 реобазам, а часто — 2,5—3 реобазам. Существенное значение имеет адекватность применяемого раздражителя, а именно: при одном и том же функциональном состоянии более адекватные раздра-

жения обнаруживают повышенную возбудимость, а относительно менее адекватные — пониженную возбудимость. Поэтому в настоящее время измеряется зона наибольшей отзывчивости на определенное раздражение минимумом энергии в одну реобазу — адекватата (П. О. Макаров).

В отличие от хронаксии, лабильность — функциональная подвижность — определяет не только время, необходимое для возникновения возбуждения, но также время, необходимое для протекания возбуждения и для восстановления способности ткани давать новые последующие импульсы возбуждения.

Лабильность тем меньше, чем медленнее реагируют живые ткани на возбуждение; наибольшей лабильностью обладают нервы, меньшей — мышцы, а самой малой — синапсы и конечные двигательные пластинки.

Нервные клетки больших полушарий обладают относительно более высокой лабильностью по сравнению с нервными клетками медиально-базальных ядер, например лимбической доли и мозгового ствола.

Двигательная  
(рис. 47). Лабильность  
нервы, концевые  
переходят из покое  
Хронаксия отде  
ся с возрастом (И

Возраст
4—6 лет
6—8 »
8—10 »
Взрослые
(Бургинь)

У детей 8—11 лет всегда меньше хронаксия младших школьников двухфазные колебания хронаксии в отношении одноименной другой руки. Это на более высокую возбудимость нервной системы по сравнению со взрослыми детьми.

У школьников в условиях соревнований хронаксия отчетливо удлиняется при уменьшении хронаксии при уменьшении хронаксии в первые месяцы тренировок или укорачивается. Непосредственно перед физическими упражнениями хронаксия увеличивается в первый месяц обучения двигательной активности у школьников хронаксия уменьшается.



Двигательная хронаксия у детей с возрастом уменьшается (рис. 47). Лабильность же увеличивается с возрастом, т. е. нервы, концевые двигательные пластинки и мышцы скорее переходят из покоя в рабочее состояние и скорее выходят из него.

Хронаксия отдельных мышц у детей существенно уменьшается с возрастом (И. М. Вул) (табл. 7).

Таблица 7

Возрастные изменения хронаксии

Возраст	Хронаксия (в мсек)		
	бицепс	общий сгибатель пальцев	общий разгибатель пальцев
4—6 лет	0,17	0,24	0,73
6—8 »	0,11	0,21	0,58
8—10 »	0,10	0,22	0,51
Взрослые (Бургиньон)	0,10	0,30	0,58

У детей 8—11 лет, как и у взрослых, хронаксия сгибателей всегда меньше хронаксии разгибателей. У детей, особенно у младших школьников 8—9 лет, отмечаются рефлекторные двухфазные колебания двигательной хронаксии при сокращении одноименной мышцы другой руки. Это указывает на более высокую возбудимость нервной системы по сравнению со взрослыми, на неустойчивость доминанты у детей.

У школьников 11—14 лет в условиях соревнований наблюдается отчетливо выраженное удлинение двигательной хронаксии при уменьшенной или неизменной реобазе, особенно в первые месяцы тренировки. По мере возрастания тренированности величина хронаксии перед соревнованиями не изменяется или укорачивается.

Непосредственно после соревнований и других видов интенсивной физической работы двигательная хронаксия удлиняется, реобазе увеличивается. Эти показатели утомления наблюдались в первый год обучения и отсутствовали во втором году обучения двигательным навыкам.

У школьников 7 лет после первого урока двигательная хронаксия уменьшается, а к концу учебного дня двигательная хронаксия

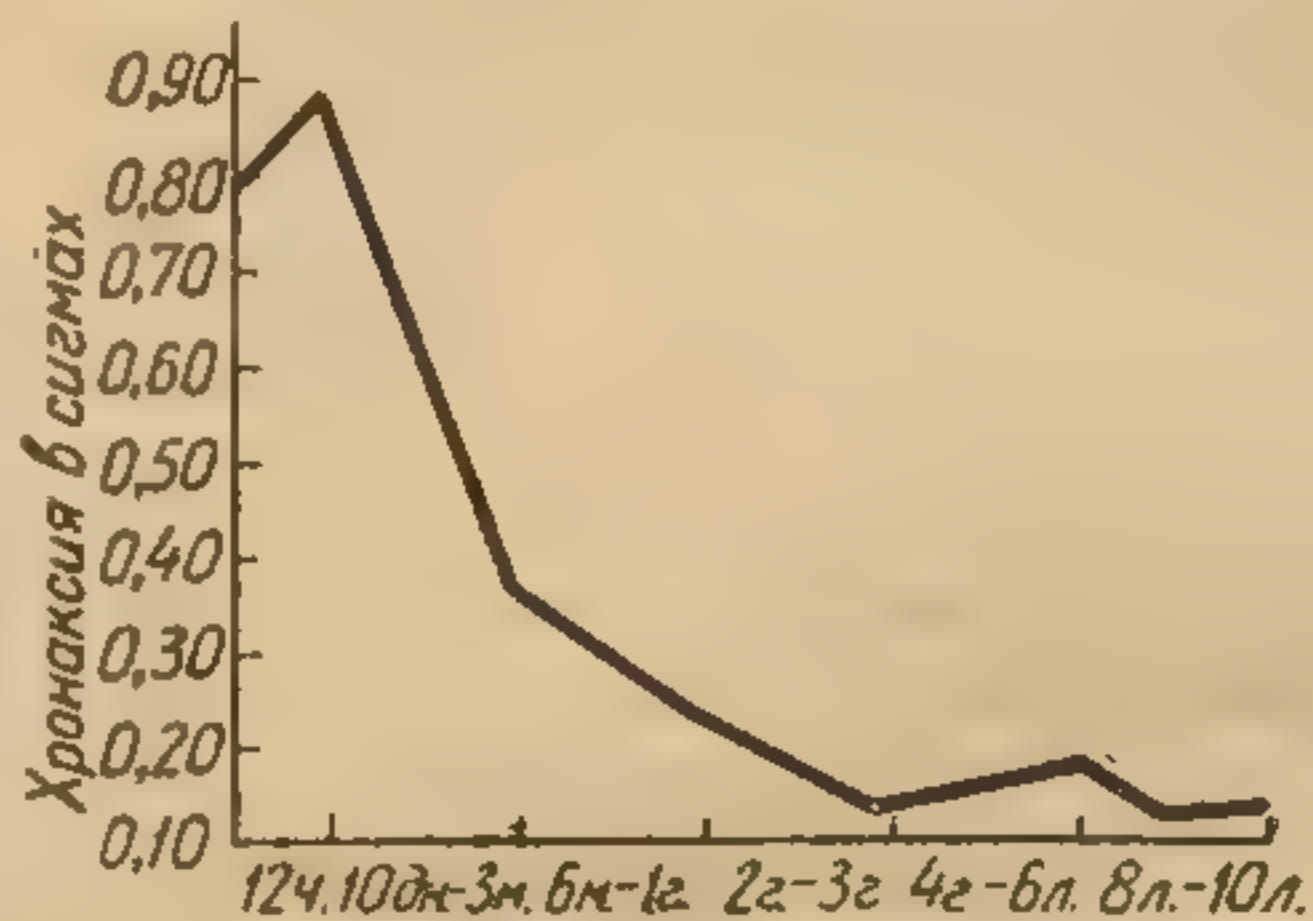


Рис. 47. Уменьшение двигательной хронаксии с возрастом (по Вулу).



наксия часто увеличивается. В среднем школьном возрасте двигательная хронаксия после 1—2 уроков уменьшается, после окончания учебного дня увеличивается. С возрастом колебания двигательной хронаксии постепенно уменьшаются.

После трудных уроков двигательная хронаксия в большинстве случаев увеличивается, а после легких — уменьшается.

Хронаксия вестибулярного аппарата, в отличие от двигательной хронаксии, с возрастом увеличивается.

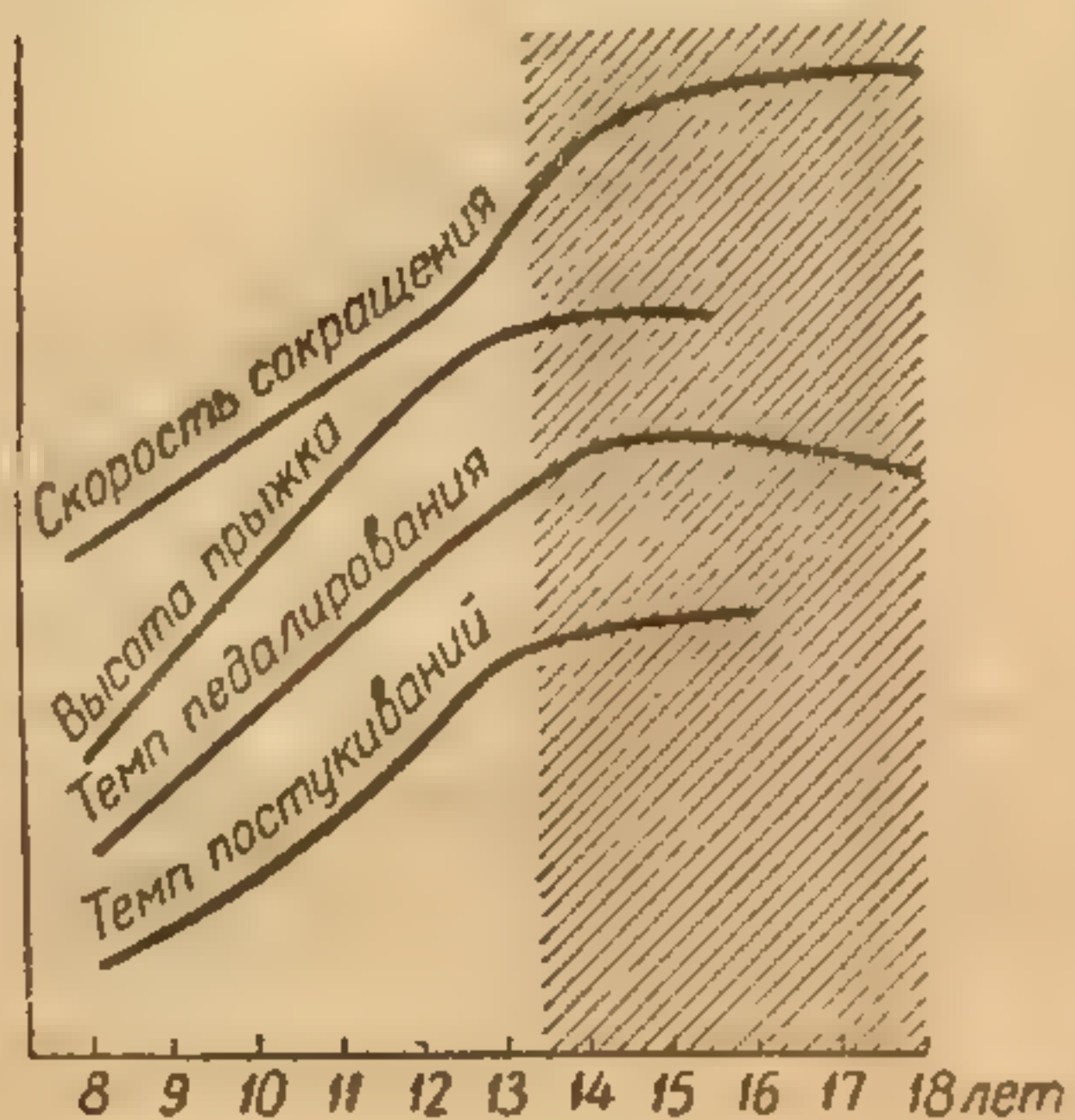


Рис. 48. Изменения скорости, высоты, темпа мышечных сокращений у детей (по Фарфелю).

**Возрастные изменения характеристик двигательной деятельности.** Все характеристики двигательной деятельности детей изменяются с возрастом.

С возрастом скорость движения детей увеличивается, особенно в 10—13 лет, и достигает максимума к 14—15 годам. К этому возрасту достигает максимума также частота движений. Наибольшее увеличение быстроты движений происходит от 10 до 14—15 лет (рис. 48).

Максимальная частота циклических движений увеличивается с возрастом. К 12—13 годам частота движений кистью увеличивается по сравнению с 8 годами на 40%, а частота шагов при беге на месте — почти на 70%. Следовательно, способность к максимально частым движениям кистью достигает к 8 годам большего развития, чем способность к частому бегу на месте, т. е. движения кисти руки развиваются у детей раньше движений ног.

С возрастом увеличивается темп движений. Длительность удерживания определенного темпа и совершенствование диффе-

Существенное значение для двигательной деятельности детей школьного возраста имеет исходное состояние нервной системы.

При исследовании возбудимости и лабильности нервно-мышечной системы школьников 7—16 лет в условиях физиологического покоя оказалось, что с возрастом происходит некоторое снижение возбудимости и повышение лабильности, что соответствует мнению А. А. Ухтомского о двух путях организации физиологического покоя в онтогенезе «путем относительного снижения возбудимости и путем повышения лабильности» (1937) (Т. Н. Макарова).

...различия темпа движения  
у мальчиков 7—9 лет  
и девочек 7—9 лет  
тем в 13—14 лет  
девочки больше, чем  
слеза отсутствует. В 16  
выше, чем у девочек.  
7-летних.

Точность различия  
несколько у детей раз-  
личности различия п-  
14—15 и 16—17 лет эта  
ся у мальчиков и неско-  
ка увеличивает эту спо-  
чения амплитуды дви-  
суставах, меньше — в ко-  
лучезапястном, пястноф-  
вой, так и с левой сто-

В возрасте 8—9 и  
шается с уменьшением

она, наоборот, уменьша-  
Выполнение скорост-

вивает у них мышечну-

не только в тренируемо-

ниях, которые не трени-

Способность о-

пространстве такж-

Основным видом дв-

странстве является хо-

ки в пространстве при-

В ориентировании

роль, особенно в ма-

Дети в возрасте 3—4

расстоянии 15 метров

на 2 метра, а в 13—14

у слепых детей ас-

у зрячих того же возр-

Так как у глухон-

лярного аппарата, ас-

примерно в 1,5 раза

же возраста, сохра-

то следует считать, ч-

шая роль в ориента-

принадлежит вестиб-

и мозговому отдела-



ренцирования темпа движений достигает максимума примерно к 13—15 годам.

Нарастание темпа движений происходит неравномерно. У мальчиков 7—9 лет максимальный темп движений больше, чем у девочек. В 10—12 лет это различие сглаживается, а затем в 13—14 лет темп движений в большинстве суставов у девочек больше, чем у мальчиков. В 15 лет это различие снова отсутствует. В 16 лет темп движений у мальчиков вновь выше, чем у девочек, и в 2—3 раза больше темпа движений 7-летних.

Точность различения амплитуды движений неодинакова у детей разных возрастов. Наибольшее увеличение точности различения происходит в 8—13 лет. С возрастом в 14—15 и 16—17 лет эта способность незначительно увеличивается у мальчиков и несколько уменьшается у девочек. Тренировка увеличивает эту способность. Наибольшая точность различения амплитуды движений отмечается в плечевом и локтевом суставах, меньше — в коленном суставе, еще меньше — в суставах лучезапястном, пястнофаланговом и голеностопном, как с правой, так и с левой стороны.

В возрасте 8—9 и 10—11 лет точность различения уменьшается с уменьшением амплитуды движений, а в 16—17 лет она, наоборот, уменьшается с увеличением амплитуды движений.

Выполнение скоростно-силовых движений подростками развивает у них мышечную, проприоцептивную чувствительность не только в тренируемом виде движений, но и в других движениях, которые не тренировались.

Способность оценивать положение тела в пространстве также изменяется с возрастом.

Основным видом движений детей и их ориентировки в пространстве является ходьба. Поэтому рассмотрение ориентировки в пространстве при движениях начнем с ходьбы.

В ориентировании детей в пространстве при ходьбе главная роль, особенно в младшем возрасте, принадлежит зрению. Дети в возрасте 3—4 лет при ходьбе с закрытыми глазами на расстоянии 15 метров отклоняются от прямой линии в среднем на 2 метра, а в 13—14 лет — на 40 см.

У слепых детей асимметрия ходьбы выражена больше, чем у зрячих того же возраста.

Так как у глухонемых детей, лишенных функции вестибулярного аппарата, асимметрия ходьбы при закрытых глазах примерно в 1,5 раза больше, чем у нормально слышащих того же возраста, сохранивших функцию вестибулярного аппарата, то следует считать, что после зрительного анализатора решающая роль в ориентации детей в пространстве во время ходьбы принадлежит вестибулярному анализатору (его рецептивному и мозговому отделам).



Схематически процесс формирования ходьбы у ребенка можно разделить на следующие этапы: 1) выработка поступательного движения, 2) овладение равновесием, 3) освоение отдельных элементов динамики шага. Взрослый тип ходьбы с давлением на землю образуется у детей примерно к 4 годам, но комплектование отдельных элементов ходьбы в системы и выработка правильного ее ритма продолжается до 8—10 лет.

Так как у детей после выключения зрения или выключения зрения и функции вестибулярного анализатора при ходьбе не только сохраняется ориентировка в пространстве, но и совершенствуется с возрастом, то очевидно, что она осуществляется двигательным анализатором, функция которого с возрастом увеличивается, а функция вестибулярного анализатора уменьшается.

При изучении ориентировки детей в пространстве при прыжках в длину с места обнаружено, что от 4 до 12 лет она увеличивается в 2—3 раза, от 12 до 16 лет изменяется незначительно. До 4 лет эта способность наименее развита. После 4 лет она совершенствуется, затем в 5—6 лет понижается, снова возрастает в 7—8 лет, значительно уменьшается с 8 до 10 лет, задерживается на этом уровне до 13 лет, снова уменьшается и достигает максимума в 15 лет. При выключении зрения точность ориентировки уменьшается в 2 раза. Что касается прыжков в высоту при выключении зрения, то их точность не изменяется по сравнению с прыжками с открытыми глазами. Следовательно, с возрастом относительно увеличивается значение зрительного анализатора только при движениях вперед, совершаемых с отрывом от земли, а при вертикальных движениях решающее значение имеет не зрительный, а двигательный анализатор.

Выносливость определяется по наибольшему времени, в течение которого производится определенная физическая работа. Она изменяется в зависимости от характера работы и ее интенсивности. С возрастанием интенсивности работы выносливость уменьшается. При статическом усилии она меньше, чем при динамической работе.

С возрастом выносливость повышается. Это увеличение выносливости с возрастом происходит неравномерно.

Различия в выносливости к динамической работе субмаксимальной мощности у детей 8 и 10 лет незначительны. В 8—10 лет выносливость у мальчиков и у девочек одинакова. Резкое увеличение выносливости происходит к 12 годам, особенно у мальчиков. К 14 годам выносливость изменяется незначительно по сравнению с 12-летним возрастом. Наибольшие величины выносливости достигаются у людей к 25—30 годам.

Выносливость к статическому усилию не зависит от максимальной силы мышц. Выносливость к статическим усилиям



пальцев кисти увеличивается с возрастом у мальчиков и девочек. С 3 до 7 лет между мальчиками и девочками нет разницы в выносливости к статическим усилиям пальцев кисти. С 7 лет выносливость мальчиков к позам «упор» и «вис» становится больше, чем у девочек, и возрастает к 17 годам. Разницы в выносливости мальчиков и девочек с 7 до 17 лет к статическим усилиям сгибателей пальцев кисти не отмечено.

Следует учесть, что длительное максимальное статическое напряжение мышцы осуществляется только при достаточной синхронизации сокращений мышечных волокон. Только меньшая часть детей 8—9 лет может осуществлять длительное статическое усилие, а большая часть способна производить только кратковременное статическое усилие вследствие недостаточного развития скелетных мышц и вегетативных функций. Поэтому длительные статические усилия для детей младшего и среднего школьных возрастов не рекомендуются.

Выносливость в 14 лет равна 70% выносливости взрослых, а в 16 лет — 80%. Вследствие недостаточного развития функций нервной системы и двигательного аппарата и их тренировки утомляемость у подростков 14 лет в 2,5 раза, а в 16 лет в 2 раза больше, чем у взрослых. Время, затрачиваемое на тренировку 14-летних к выполнению стандартной дозированной нагрузки в 2 раза больше, чем у взрослых.

Способность совершать точные, тонкие движения в предельно короткое время — ловкость — возрастает с возрастом. Она отсутствует у маленьких детей и постепенно повышается в связи с развитием координации движений и их точности. В младшем возрасте отсутствует также способность производить быстрые точные движения. Еще более сложной является способность производить точные быстрые движения при внезапной перемене внешних условий. Ясно, что с возрастом эта способность возрастает в зависимости от увеличения числа усвоенных двигательных навыков и их тренировки.

Таким образом, развитие двигательного анализатора и достижение его достаточно совершенного функционирования, свойственного взрослым, к 13—15 годам связано с его морфологическим созреванием к этому возрасту, о котором ранее упоминалось (стр. 36—37, 122, 125).

Функциональные свойства скелетных мышц изменяются примерно до 15 лет.

## 2. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЕСТЕСТВЕННЫХ ТРУДОВЫХ ДВИЖЕНИЙ

Естественные трудовые движения детей являются двигательными навыками, приобретенными в игре, при подражании взрослым и в быту. В большинстве случаев при осуществлении



этих двигательных навыков выполняется работа малой и средней, умеренной интенсивности. Производство этой работы оказывает влияние на развитие мышц и скелета и совершенствует вегетативные функции.

Движения детей на уроках характеризуются очень небольшой затратой энергии не более 2 ккал на 1 кг веса тела в час. Производство трудовых движений требует больших затрат энергии, так как некоторые из них являются физической работой большой интенсивности, например при ручной обработке металла (опиловка, шабровка) энергетические затраты могут достигать 4—7 ккал на 1 кг веса тела в час.

Величина затраты энергии при выполнении трудовых движений зависит от умений и навыков, от длительности тренировки в их выполнении и от их характера. Одни и те же трудовые движения производятся различным образом с большими или меньшими затратами энергии в зависимости от квалификации ученика. Например, при производственном обучении в ремесленных училищах ударные движения производятся различным образом. Одни ученики замахиваются медленно и дополнительно к силе тяжести молотка развивают значительное мышечное усилие. Другие ученики замахиваются быстро и в фазе удара используют силу тяжести, не производя значительного мышечного усилия. В начале обучения производится много лишних движений вследствие иррадиации возбуждения в головном мозге. При этом осуществляются ранее приобретенные трудовые движения, но без должного эффекта, так как они не заменяют то движение, которое необходимо для выполнения данного вида работы. В первое время обучения движения производятся неравномерно. Например, начинающий ученик 16 лет при пользовании напильником вместо 70 движений в 1 минуту при нормальном равномерном темпе производил до 80 движений в 1 минуту неравномерно. В результате за 2 минуты развилось полное утомление, и он вынужден был прекратить работу. При такой работе большой интенсивности затрачивается в 2 раза больше энергии, чем при ее выполнении после приобретения квалификации. При этом значительно повышаются вегетативные функции, например частота сердцебиений и дыхания увеличивается на 35—50%.

Следовательно, для длительного физического труда без утомления естественных трудовых движений недостаточно, а требуется приобретение новых специализированных трудовых навыков. Кроме того, трудовые движения и естественные движения в быту недостаточны для всестороннего физического развития детей, для которых необходимы специально организованные физические упражнения.

Взаимодействие мотори-  
ческой работы с процессами  
жизни сердца и дыхания,  
и кровяного давления,  
жест, выделительных п-  
росты.  
Эти изменения вегета-  
торно прежде всего в  
экстероцепторов)  
рефлекторные сокращени-  
я, воздействия внешн-  
его мозга одновре-  
мя и сдвиги вегетатив-  
ной его внутренних ср-  
так и вегетативные функ-  
тируются раздражениями  
проприоцепторов в  
мышцах. Иначе говор-  
ят сдвиги нервно-гумо-  
ральных функций.  
В сдвигах нервно-гумо-  
ральных функций во время физиче-  
ского раздражения проприоцеп-  
тивных органов (интер-  
венений состава крови,  
Следовательно, раздраж-  
розы при физической раб-  
нервно-гуморальную сам-  
организации. Далеко не все  
движений и интенсивно-  
ствие двигательных и в-  
анализаторной, а несоответст-  
ствием растными особенностями  
дуг рассматривать как  
функций, так и значе-  
также трудовых движе-  
Развитие координа-  
Нервная регуляция вег-  
сенка значительно ран-  
даже в том случае, ко-  
раздражении одних и те-  
торов.  
До 4—5 лет у ребе-  
мы координации движе-  
лексов и вегетативных



### 3. ВЗАИМОСВЯЗЬ МОТОРИКИ И ВЕГЕТАТИВНЫХ ФУНКЦИЙ

**Взаимодействие моторики и вегетативных функций.** При мышечной работе происходят изменения состава крови, деятельности сердца и просвета сосудов (что сопровождается сдвигами кровяного давления), дыхания, пищеварения, обмена веществ, выделительных процессов и органов внутренней секреции.

Эти изменения вегетативных функций вызываются рефлекторно прежде всего раздражениями внешних рецепторов (экстероцепторов), которые одновременно вызывают рефлекторные сокращения скелетной мускулатуры. Иначе говоря, воздействия внешнего мира на большие полушария головного мозга одновременно вызывают как движения тела, так и сдвиги вегетативных функций организма, изменения работы его внутренних органов. Кроме того, как движения тела, так и вегетативные функции одновременно рефлекторно регулируются раздражениями рецепторов двигательного аппарата (проприоцепторов), которые наступают при сокращениях мышц. Иначе говоря, наши мышечные движения производят сдвиги нервно-гуморальной саморегуляции вегетативных функций.

В сдвигах нервно-гуморальной саморегуляции вегетативных функций во время физической работы основное значение имеют раздражения проприоцепторов и действие на рецепторы внутренних органов (интероцепторы) и нервную систему изменений состава крови, наступающих при мышечной работе. Следовательно, раздражение экстероцепторов и проприоцепторов при физической работе изменяет существующую в покое нервно-гуморальную саморегуляцию функций всех внутренних органов. Далеко не всегда имеется соответствие интенсивности движений и интенсивности вегетативных сдвигов. Это соответствие двигательных и вегетативных функций достигается тренировкой, а несоответствие в ряде случаев обусловлено возрастными особенностями вегетативных функций. Поэтому следует рассмотреть как возрастные особенности вегетативных функций, так и значение для них физических упражнений, а также трудовых движений.

**Развитие координации моторики и вегетативных функций.** Нервная регуляция вегетативных функций формируется у ребенка значительно раньше, чем нервная регуляция движений, даже в том случае, когда она производится рефлекторно при раздражении одних и тех же рецепторов, например проприоцепторов.

До 4—5 лет у ребенка вырабатываются основные механизмы координации движений и координация двигательных рефлексов и вегетативных функций.



Значительно ускоряется с 4—5 до 6—7 лет развитие нервной системы, ее строения и функций и возрастает роль психики в физическом совершенствовании организма.

С 6—7 до 12—14 лет моторика и ее координация с вегетативными функциями совершенствуются и достигают высокого уровня развития, приближающегося к взрослым.

С 12—14 до 20—25 лет происходит окончательное формирование координации моторики и вегетативных функций. Следует учесть, что развитие психики опережает развитие и созревание двигательного аппарата, которое в свою очередь опережает становление координации двигательных рефлексов и вегетативных функций.

Влияние физической работы на координацию моторики и вегетативных функций и на физическое развитие детей. В процессе трудового обучения тренированность у подростков возрастает, повышается их выносливость. Эти изменения раньше наступают у хорошо физически развитых, чем у подростков среднего и ниже среднего физического развития.

Чем старше ребенок, тем раньше наступает у него соответствие двигательных и вегетативных функций и тем быстрее происходит их восстановление после прекращения работы.

Тренировка юношей при дозированной физической работе с переменной интенсивностью дает лучшие результаты, чем тренировка с постоянной интенсивностью. При тренировке с переменной интенсивностью достигаются более быстрая мобилизация и более экономная деятельность систем кровообращения и дыхания.

Многообразная динамическая работа детей на уроках труда, в которой участвуют многие группы мышц, вызывает нормальные физиологические сдвиги вегетативных функций (увеличение обмена веществ, учащение сердечной деятельности, дыхания и др.). Однообразная динамическая работа, в которой участвует небольшая группа одних и тех же мышц и имеется много статических усилий, вызывает временные нарушения вегетативных функций. Статические усилия всегда приводят к раннему появлению гипоксии, которая бывает особенно значительной при интенсивной мышечной работе. Переход к рационально организованной мышечной работе приводит к нормализации вегетативных функций и к прекращению гипоксии. Наступление гипоксии связано с нарушением координации кровообращения и дыхания, недостаточностью дыхания, вызывающей снижение насыщения крови кислородом. В тех случаях, когда до урока труда кровь была насыщена кислородом на 96%, выполнение чрезмерно интенсивной работы или статического усилия вызывало через 8—10 минут уменьшение степени насыщения крови кислородом до 80%. У детей, хорошо овладевших трудовым навыком, понижение оксигенации крови наступает



медленнее и в меньшей степени, чем у недостаточно обученных труду.

Предварительная инструкция о рациональной организации трудового процесса, которую дети легко воспринимают, и правильно дозированный труд детей с 12—13 лет обеспечивают развитие координации трудовых движений и хорошую координацию движений и вегетативных функций. Правильно организованный и дозированный труд совершенствует физическое развитие детей.

Координация движений и вегетативных функций необходима для высокой производительности физического труда. Она больше развита у тренированных, физически здоровых школьников, чем у малотренированных и слабых.



## IX. КРОВЬ И КРОВООБРАЩЕНИЕ У ДЕТЕЙ

### 1. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КРОВИ

Количество крови, ее свойства и состав. Кровь человека изменяется с возрастом. Особенно резкие отличия в количестве, свойствах и составе крови наблюдаются у детей до 1 года.

Так как кровь является зеркалом обмена веществ, то эти возрастные изменения обусловлены прежде всего различиями в обмене веществ, но они зависят также от возрастных отличий в строении и функции кроветворных органов и системы кровообращения.

Общее количество крови у новорожденных составляет от 10 до 20% веса тела, у грудных детей — от 9 до 13%, у детей от 6 до 16 лет — около 7%.

На 1 кг веса тела у новорожденных приходится 150 г крови, у грудных детей — около 110 г, у детей младшего школьного возраста — около 70 г, у детей старшего школьного возраста — 65 г. Следовательно, относительное количество крови связано с уровнями обмена веществ, который является наибольшим у новорожденных. Количество крови у мальчиков немногим больше, чем у девочек.

Удельный вес крови у новорожденных от 1,060 до 1,080, на втором году вес падает и равняется 1,050, затем повышается и в школьном возрасте равняется 1,060. У мальчиков удельный вес крови выше, чем у девочек.

Молекулярная концентрация крови вследствие повышенного обмена веществ выше, чем у взрослых. Содержание белков в плазме крови у новорожденных — 5,5—6,5%, а у детей дошкольного возраста — 6—7%.

Вязкость крови у ребенка по сравнению с взрослым человеком резко увеличена. После рождения она равняется 10—11, к началу 2-го месяца — около 6, а затем падает. Это увеличение вязкости зависит от увеличенного количества эритроцитов, которое способствует большему обмену веществ.

Свертываемость крови у новорожденных резко повышена (в 2—3 раза). Начиная со второй недели она доходит до нормы взрослого человека.

Осмотическая  
рожденных колеблется  
РОЭ у новорожде  
4 до 8 мм, а у более ст  
нища в РОЭ обусловле  
ных меньше, чем у взр  
линов по отношению  
взрослых.

Количество остаточ  
до 50 мг%.

Число эритроц  
первый день жизни в ср

Количество эритроц  
с 2—15 лет оно доходи

Гемоглобин зар  
теринского организма

стью поглощать кислор

обеспечивает усиленнь

кислород поглощается

поглощает кислород та

Относительное коли

110 до 145%; что соо

крови. К концу 1-го

до 90—110%.

У детей после 1 го

содержание гемоглоби

У большинства де

чек, содержание геме

не изменяется или н

несколько снижается

Увеличенное коли

рожденных объясняе

дения при сдавлении

У здоровых груд

дается уменьшение

бина. Отмечаются э

цитов. Снижение

гемоглобина н

Число л

1 мм<sup>3</sup>.

Лейкоц

жизни знач

взрослых. Со

у взрослых, а

Лейкоцитар

филов — 26%

цитов — 11,5%



Осмотическая стойкость эритроцитов у новорожденных колеблется от 0,35 до 0,5% NaCl.

РОЭ у новорожденных около 2 мм, у грудных детей от 4 до 8 мм, а у более старших детей от 4 до 10 мм в час. Разница в РОЭ обусловлена тем, что белков в плазме новорожденных меньше, чем у взрослых — около 6%, а количество глобулинов по отношению к альбуминам также меньше, чем у взрослых.

Количество остаточного азота у новорожденных повышено до 50 мг%.

Число эритроцитов у здоровых новорожденных в первый день жизни в среднем 6 миллионов в 1 мм<sup>3</sup> (от 4,5 до 7).

Количество эритроцитов у 2-летних детей 5—6 млн в 1 мм<sup>3</sup>, с 2—15 лет оно доходит до 4,5—5 млн.

Гемоглобин зародыша отличается от гемоглобина материнского организма тем, что он обладает большей способностью поглощать кислород. Это свойство гемоглобина зародыша обеспечивает усиленный обмен веществ и рост. Максимально кислород поглощается с 2 лет. Примерно с 3 лет гемоглобин поглощает кислород так же, как и у взрослых.

Относительное количество гемоглобина у новорожденных — от 110 до 145%, что составляет 17—25 г гемоглобина на 100 г крови. К концу 1-го месяца содержание гемоглобина доходит до 90—110%.

У детей после 1 года возрастает количество эритроцитов и содержание гемоглобина в крови.

У большинства детей 7—12 лет (87%), мальчиков и девочек, содержание гемоглобина весной по сравнению с осенью не изменяется или несколько повышается. У 13% детей оно несколько снижается.

Увеличенное количество эритроцитов и гемоглобина у новорожденных объясняется недостатком кислорода в момент рождения при сдавлении и последующей перевязке пуповины.

У здоровых грудных детей в первые месяцы жизни наблюдается уменьшение числа эритроцитов и содержания гемоглобина. Отмечаются значительные колебания содержания эритроцитов. Снижение эритроцитов ниже 3 миллионов в 1 мм<sup>3</sup> и гемоглобина ниже 60% является отклонением от нормы.

Число лейкоцитов при рождении 10 000—30 000 в 1 мм<sup>3</sup>.

Лейкоцитарная формула детей в первый период жизни значительно отличается от лейкоцитарной формулы взрослых. Содержание нейтрофилов значительно меньше, чем у взрослых, а количество лимфоцитов резко увеличено.

Лейкоцитарная формула детей первого года жизни: нейтрофилов — 26%, эозинофилов — 2,5%, базофилов — 0,5%, моноцитов — 11,5%, лимфоцитов — 59%.



С возрастом изменяется отношение количества лимфоцитов к количеству нейтрофилов. До 1 года количество лимфоцитов превышает количество нейтрофилов в 2,2 раза, от 1 до 4 лет — в 1,3 раза. С 4 до 8 лет это отношение изменяется, количество нейтрофилов начинает превышать количество лимфоцитов, их отношение равняется 0,9, с 8 до 11 лет — 0,7, с 11 до 15 лет — 0,5, т. е. приближается к нормам взрослых.

Общее количество лейкоцитов с возрастом уменьшается, число нейтрофилов постепенно увеличивается, а лимфоцитов и моноцитов уменьшается.

Число кровяных пластинок колеблется от 115 000 до 425 000 в  $1 \text{ мм}^3$ , в среднем 230 000—250 000 (табл. 8).

Таблица 8

Состав форменных элементов крови детей  
от 1 года до 15 лет

Возраст (годы)	Эритроциты	Гемоглобин в процентах	Лейкоциты
2—3	4 760 000	78	11 000
4—5	4 890 000	80	10 200
6—7	4 890 000	80	10 600
8—9	4 840 000	81	9 880
10—11	4 910 000	85	8 200
12—13	5 120 000	82	8 100
14—15	4 980 000	86	7 650

Сахар в крови детей содержится в тех же количествах, как и у взрослых. Содержание сахара в крови увеличивается при физических упражнениях. Понижение содержания сахара при интенсивной работе ведет к падению работоспособности.

У детей младшего школьного возраста (7—8 лет) содержание свободного и связанного сахара крови значительно более колеблется, чем у старших школьников (17—18 лет). Особенно резкие колебания содержания сахара крови отмечаются в периоде полового созревания (13—14 лет). В этом возрасте особенно велики индивидуальные отклонения. Содержание NaCl несколько меньше, чем у взрослых.

С возрастом изменяется и ферментативная способность крови. Например, активность амилазы по сахару в 7—8 лет равна в среднем 180 мг%, в 11—12 лет она резко снижается до 100 мг%, а затем снижение становится постепенным: в 15—16 лет — 85 мг%, в 17—18 лет — 75 мг%, у взрослых — 50 мг%.



Существуют также возрастные изменения в содержании в эритроцитах фермента угольной ангидразы, способствующей отдаче организмом углекислого газа. Наибольшее количество этого фермента имеется к 2—3 годам, снижаясь к 5—6 годам, когда оно достигает нормы взрослых (рис. 49).

**Кроветворение.** У новорожденных кроветворение происходит в костном мозге всех костей. Кроветворные органы сохраняют еще некоторое сходство с кроветворными органами зародыша: в печени имеются остатки зародышевого кроветворения, костный мозг богат гемоцитобластами, в лимфатических узлах имеется много больших лимфоцитов.

У грудного ребенка система кроветворения очень развита. Лимфатические узлы относительно большие. Это отражается на составе крови, в которой имеются молодые формы эритроцитов и лейкоцитов.

С 6 месяцев уже начинается превращение части костного мозга в жировой, которое проявляется особенно отчетливо к 4—6 годам. К 12—15 годам кроветворение происходит в тех же очагах, что и у взрослых (в костном мозге грудины, ребер, позвоночника, а также в концах трубчатых костей). Лимфоциты образуются в лимфатических узлах, а затем и в селезенке.

Селезенка начинает функционировать в последние месяцы внутриутробной жизни. После рождения вес селезенки удваивается к 5 месяцам, утраивается к 1 году и к 10—12 годам увеличивается в 10 раз.

Система кроветворения детей легко нарушается и возвращается к зародышевому типу.

У детей наблюдается усиленное кроветворение. С возрастом интенсивность образования форменных элементов крови постепенно падает. У взрослых восстановление (регенерация) форменных элементов крови совершается значительно медленнее, чем у детей.

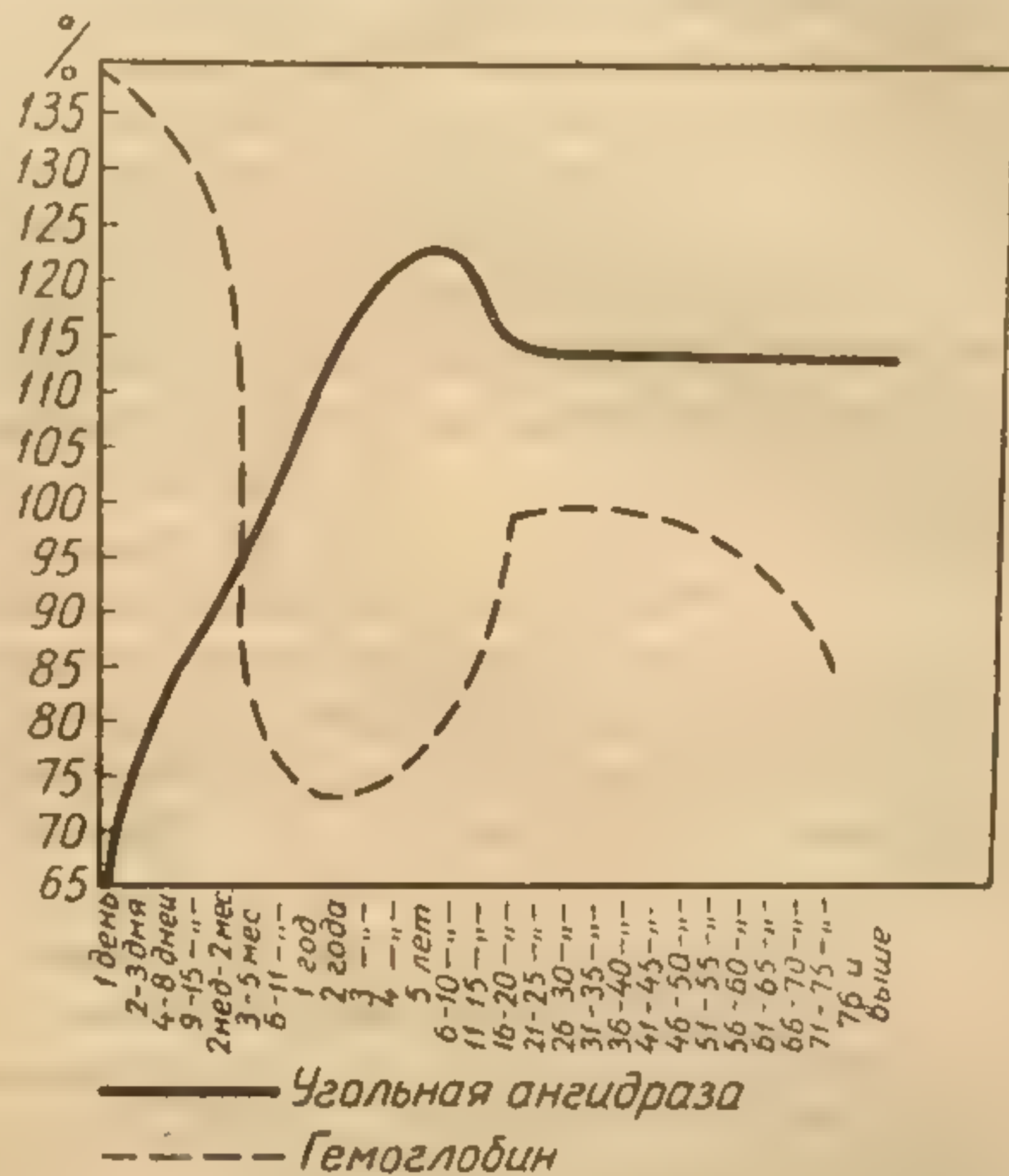


Рис. 49. Возрастные изменения количества гемоглобина и фермента угольной ангидразы (по Горбуновой).



## 2. ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА КРОВИ ПРИ МЫШЕЧНОЙ И УМСТВЕННОЙ РАБОТЕ

Изменения состава крови при мышечной работе. Мышечная работа, особенно длительная, интенсивная, может вызвать изменения количества форменных элементов крови и ее химического состава.

При мышечной работе увеличивается содержание сахара в крови, увеличивается содержание неорганического фосфора, холестерина, креатина, понижается щелочной резерв, увеличивается осмотическое давление крови, повышается относительная вязкость крови.

При мышечной работе в крови накапливаются углекислота, молочная кислота и др., увеличивается концентрация водородных ионов.

Изменения состава форменных элементов происходят прежде всего вследствие поступления в общий кровоток депонированной крови, а также вследствие увеличения кроветворения.

У детей количество эритроцитов после физической работы может увеличиваться, уменьшаться и оставаться без изменения. У детей 13—15 лет увеличение количества эритроцитов после физической работы происходит значительно реже и меньше выражено, чем в возрасте 16—18 и 19—23 лет. Это увеличение количества эритроцитов в 16—18 и 19—23 лет обусловлено большей интенсивностью производимой физической работы.

У юношей 16—18 лет возвращение состава форменных элементов крови к исходному состоянию после физической работы происходит позднее, чем у взрослых. При физической работе увеличение количества циркулирующей крови происходит как за счет поступления крови из депо, так и за счет увеличения кроветворения в костном мозге. Доказательством усиления функции кроветворения в костном мозге является повышение содержания в крови молодых форм эритроцитов (ретикулоцитов). Например, в возрасте 15—18 лет бег на короткие дистанции (100 и 400 м) вызывает увеличение количества эритроцитов в среднем на 12—17% и гемоглобина в среднем на 7%; плавание вызывает увеличение количества эритроцитов у юношей в среднем на 14—25%, а у девушек — на 30—40%, гемоглобина — в среднем у юношей на 8%, у девушек его количество заметно не изменяется.

Бег на большие дистанции (1500 м) значительно повышает вязкость крови. Еще больше повышается вязкость крови после велопробега на 50 км. После велопробега количество эритроцитов увеличилось на 17%, а гемоглобина уменьшилось на 6%. Это уменьшение содержания гемоглобина произошло вследствие поступления в кровь ретикулоцитов.

В возрасте 16—18 лет  
иногда наблюдается  
и гемоглобина и  
эритроцитов, лейкоцитов  
и тромбоцитов.  
У старших школьников  
плавание обычно за-  
мечено.

Особенно характерен  
генный лейкоцитоз.

1. Лимфоцитоз  
при физических упражнениях  
увеличивается количество лимфоцитов.

2. Нейтрофилия  
при физических упражнениях  
увеличивается количество нейтрофилов.

3. Неудачно называемый  
лейкоцитоз возрастает.

Наблюдаются 2 типа  
дегенеративный.  
доходит до 40—50 тысяч,  
даст ниже 10%, а эритро-  
цитоз юных и палочко-  
образных — уменьшается.

Миогенный лейкоцитоз  
у взрослых тем, что в  
выражена лимфоцитарная  
фаза, отличающаяся  
также отсутствием  
эозинофилов в третьей  
фазе.

У детей 13—15 лет  
количество лимфоцитов  
лейкоцитоза смешанный  
фильная фаза.

У детей 13—15 лет  
и 16—18 лет  
количество лейкоцитов  
увеличивается, а у  
юношей и девушек почти  
не изменяется.

В возрасте 19—23 лет  
после работы почти  
всегда наблюдается  
лейкоцитоз.

С. И. Гальперин



В возрасте 16—18 лет при длительных мышечных напряжениях иногда наблюдается незначительное снижение содержания гемоглобина и эритроцитов, обусловленное разрушением эритроцитов, лейкоцитоз со сдвигом лейкоцитарной формулы влево и тромбоцитоз.

У старших школьников бег ускоряет или замедляет РОЭ, плавание обычно замедляет, а велогонка значительно ускоряет РОЭ.

Особенно характерен вызванный мышечной работой миогенный лейкоцитоз, который состоит из 3 фаз:

1. Лимфоцитарной, наступающей после кратковременных физических упражнений. В этой фазе относительно увеличивается количество лимфоцитов при небольшом увеличении общего количества лейкоцитов до 8—10 тыс. в  $1 \text{ мм}^3$ .

2. Нейтрофильной, наступающей после более длительных физических упражнений. В этой фазе относительно увеличивается количество палочкоядерных нейтрофилов и уменьшается количество лимфоцитов и эозинофилов; общее количество лейкоцитов возрастает до 12—16 тыс. в  $1 \text{ мм}^3$ .

3. Неудачно названная «интоксикационной», наступающей после интенсивных и длительных физических упражнений.

Наблюдаются 2 типа этой фазы: регенеративный и дегенеративный. При первом — количество лейкоцитов доходит до 40—50 тысяч в  $1 \text{ мм}^3$ , количество лимфоцитов падает ниже 10%, а эозинофилов до 0, резко возрастает количество юных и палочкоядерных форм нейтрофилов. При втором — уменьшается общее количество лейкоцитов, особенно лимфоцитов, появляются дегенерированные формы лейкоцитов.

Миогенный лейкоцитоз у детей отличается от лейкоцитоза взрослых тем, что в первой фазе у детей 10—12 лет сильнее выражена лимфоцитарная реакция; она имеется и во второй фазе, отличающейся меньшим сдвигом влево нейтрофилов, а также отсутствием лимфопении и выраженного уменьшения эозинофилов в третьей фазе.

У детей 13—15 и 16—18 лет в первой фазе увеличивается количество лимфоцитов и нейтрофилов, т. е. первые две фазы лейкоцитоза смешаны. В 19—23 года хорошо выступает нейтрофильная фаза.

У детей 13—15 и 16—18 лет имеются индивидуальные колебания количества лейкоцитов после мышечной работы. Наблюдаются увеличение количества лейкоцитов, его уменьшение, или оно остается неизменным. Наибольший лейкоцитоз наблюдается у юношей и девушек после бега на 400 м.

В возрасте 19—23 лет количество лейкоцитов после физической работы почти всегда значительно увеличивается. При утомлении наблюдается разрушение лейкоцитов.



Установлено, что физическая работа большой интенсивности вызывает у юношей и девушек 16—18 лет тромбоцитоз — увеличение количества тромбоцитов в отдельных случаях до 200—250% (в среднем на 90—100%) и ускорение свертывания крови.

Тромбоцитоз обнаружен при кратковременных и при длительных физических упражнениях, при последних он более резко выражен. Миогенный тромбоцитоз при кратковременном мышечном упражнении состоит в значительном увеличении количества тромбоцитов без заметного сдвига соотношения их размеров, а при длительном мышечном упражнении увеличение количества тромбоцитов проявляется в преобладании крупных юных форм.

При кратковременных физических упражнениях тромбоцитоз вызывается перераспределением крови, поступлением ее из депо. При длительных упражнениях, кроме того, прибавляется усиленное кроветворение тромбоцитов.

При кратковременных физических упражнениях тромбоцитоз совпадает с лимфоцитарной фазой лейкоцитоза. При длительных упражнениях тромбоцитоз совпадает с нейтрофильной фазой лейкоцитоза (А. А. Маркосян).

**Изменения состава крови при умственной работе.** Умственная работа не вызывает таких значительных изменений состава и свойств крови, как физическая работа.

У 59% девочек 10—12 лет, обучавшихся во второй смене, после уроков наблюдалось увеличение количества лейкоцитов на 14,5%, а у остальных количество лейкоцитов не изменялось. У половины школьников отмечались значительные изменения лейкоцитарной формулы, главным образом содержания лимфоцитов (увеличение или уменьшение процентного содержания) и в наименьшей степени эозинофилов. У большинства школьников с середины недели после уроков обнаруживался лейкоцитоз, который увеличивался к концу недели. Отмечено значительное увеличение количества нейтрофилов и лимфоцитов при лейкоцитозе, наступавшем после уроков во вторую половину недели.

Имеются указания на некоторые сдвиги РОЭ, наступающие в результате учебного процесса в школе.

У здоровых учащихся 10—12 лет, у которых РОЭ была в пределах нормы, скорость оседания эритроцитов в конце учебного дня при обучении во второй смене оставалась без изменения у 50%, а у остальных увеличивалась или замедлялась. У тех детей, у которых РОЭ была выше нормы, она резко замедлялась после уроков в первую и вторую смены и тем больше, чем выше была исходная РОЭ до уроков. Оказалось также, что РОЭ изменяется после уроков в разные дни. С понедельника РОЭ возрастает и достигает наибольшей величины во

вторник и среду.  
цу недели достиг  
ниже его.

Утомление, во  
отражается и на  
12 лет к концу уч  
26% — замедлится  
у 60% школьников  
крови к концу учеб

### 3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫЕ

Возрастные изме  
аппарата сердечно-  
особенности местог  
сердца.

Включение лег  
тому, что вся кро  
результатом чего я  
желудочка. Уже у  
лудочка сердца в  
взрослого.

Экскурсии легк  
с этим изменения  
рождения и опущ  
ложение сердца.

После первых  
фрагмы становится  
нимается кверху,  
и приобретает по

Сердце новоро  
положено значите  
половина по вели

До 2 лет бл  
сердце располож  
принимает косо  
жение встречает

Ввиду еще  
сердце очень  
ди. Рост серд  
интенсивно в т  
ется несколько  
В рост предсе  
раннем детск  
сердцами развит



вторник и среду, затем она постепенно снижается и к концу недели достигает исходного уровня понедельника или ниже его.

Утомление, возникающее в результате учебного процесса, отражается и на свертывании крови. У 50% школьников 10—12 лет к концу учебного дня свертывание крови ускорилось, у 26% — замедлилось и у 24% — осталось без изменения. У 60% школьников 8—10 лет отмечено ускорение свертывания крови к концу учебного дня.

### 3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Возрастные изменения строения сердца и иннервационного аппарата сердечно-сосудистой системы. Существуют возрастные особенности местоположения, строения, роста, веса и функции сердца.

Включение легочного круга кровообращения приводит к тому, что вся кровь проходит через левую половину сердца, результатом чего является увеличение сердца, особенно левого желудочка. Уже у ребенка 6 месяцев толщина стенок левого желудочка сердца в 2 раза превышает толщину правого, как и у взрослого.

Экскурии легких при дыхательных движениях и связанные с этим изменения формы и размеров грудной клетки после рождения и опущение диафрагмы оказывают влияние на положение сердца.

После первых дыхательных движений передняя часть диафрагмы становится выше задней, вследствие чего сердце поднимается кверху, немного поворачивается вокруг своей оси и приобретает поперечное положение.

Сердце новорожденного имеет шаровидную форму и расположено значительно более вправо, чем у взрослого. Левая половина по величине не отличается от правой.

До 2 лет благодаря высокому положению диафрагмы сердце расположено горизонтально. Только с 2—3 лет оно принимает косое положение. После 4 лет горизонтальное положение встречается редко.

Ввиду еще слабого развития легких у новорожденных, сердце очень хорошо выслушивается как спереди, так и сзади. Рост сердца происходит во всех направлениях, особенно интенсивно в течение 1-го года жизни. Длина его увеличивается несколько скорее, чем ширина.

Рост предсердий и желудочков происходит неравномерно. В раннем детском возрасте желудочки по сравнению с предсердиями развиты слабо. У новорожденного и грудного ре-



бенка сравнительно большие размеры предсердий и недостаточное развитие желудочков сердца.

На 1-м году жизни рост предсердий опережает рост желудочков, на 2-м году они растут почти одинаково, а после 10 лет предсердия начинают отставать в росте.

Темп роста сердца особенно велик в первые два года жизни и в периоде полового созревания с 14—15 лет, когда наблюдается особенно резкое увеличение сердца. Медленнее сердце растет с 7 до 12 лет. Вес сердца от рождения до 16 лет возрастает больше чем в 10 раз (у новорожденных — 23 г, в 4 года — 90 г, в 10 лет — 165 г, в 16 лет — 290 г, у взрослых — от 250 до 360 г). Мышца сердца продолжает развиваться и дифференцироваться до 18—20 лет.

Вес сердца мальчиков больше, чем у девочек. Вес сердца и его объем увеличиваются с возрастом неравномерно и отстают от темпов увеличения роста и веса организма. В 10—11 лет относительный вес сердца наименьший.

С возрастом изменяется и просвет кровеносных сосудов. Легочная артерия шире аорты до 10—12-летнего возраста, после 10—12 лет их просветы становятся равными, а после полового созревания аорта шире легочной артерии. У детей просвет кровеносных сосудов относительно больше, чем у взрослых. Суммарный просвет капилляров у детей относительно шире, чем у взрослых, а просвет капилляров кожи, легких, почек и кишечника абсолютно шире, чем у взрослых. Длина периферических кровеносных сосудов, их диаметр и толщина стенок с возрастом значительно увеличиваются. Особенно сильно изменяется сеть кровеносных сосудов половых органов в периоде полового созревания (главным образом у женщин).

Иннервационный аппарат сердца имеется уже у новорожденных. Сдавливание у них головы вызывает замедление сердцебиений. Этот факт можно объяснить тем, что повышение внутричерепного давления возбуждает ядра блуждающих нервов в продолговатом мозге.

У детей только после 3 лет появляется хорошо выраженный тонус блуждающих нервов, с возрастом он усиливается, особенно у хорошо физически развитых детей и подростков. Следовательно, развитие симпатической иннервации сердца опережает развитие парасимпатической иннервации. Этим объясняется как относительно большая частота пульса в раннем детстве и младшем школьном возрасте, так и большее учащение сердечных сокращений при внешних воздействиях на ребенка.

**Изменения сердечной деятельности у детей.** У младших школьников (7—9 лет) отмечается неравномерный ритм сердцебиений в покое в положении сидя. После кратковременных

У детей сердца  
ние замедления  
тельная аритмия  
ление. Она умень  
в 16—18 лет, а  
аритмии. В отличие  
те, свойственно по  
соответствующее фа  
вдохе время пульса  
ется. Замедления и  
изменений ритма д  
сердца, так как в  
нервов.  
Об уменьшении с  
пуга блуждающих  
медления сердцеби  
молочные дети, тем  
чем старше дети, тем  
этом рефлексе и тем  
к исходному уровню.  
уменьшение частоты  
тей 11—12 лет, как и  
ность рефлекторного з  
тей — 2—3 минуты, в  
и у взрослых — 10—25  
сосудов кожи и потоот  
15 месяцев нередко 6  
нут, а у детей 11—12  
у детей от 1 месяца д  
дается более чем в 90  
случаев.  
В юношеском возр  
ствие симпатических  
вующее взрослым.  
Развитие иннерваци  
канчивается к 7—8 год  
не достигает завершени  
школьников имеется о  
интенсивной мышечной  
це отстает в своем разв  
Постепенная трени  
тура способствуют  
у детей.  
Продолжительность  
кунды, у школьников  
ды. Эти различия свя  
лечной мышцы и боль



учащений сердцебиений у них наблюдаются одиночные резкие замедления сердцебиений, совпадающие с выдохом. Дыхательная аритмия сердца — нормальное физиологическое явление. Она уменьшается в 13—15 лет и снова увеличивается в 16—18 лет, а затем постепенно уменьшается. Юношеской аритмии, в отличие от аритмии в младшем школьном возрасте, свойственно постепенное замедление и ускорение пульса, соответствующее фазам дыхания. В юношеском возрасте при вдохе время пульса укорачивается, а при выдохе оно удлиняется. Замедления и учащения пульса являются результатом изменений ритма дыхания, которые отражаются на работе сердца, так как вызывают колебания тонуса блуждающих нервов.

Об уменьшении с возрастом рефлекторных изменений тонуса блуждающих нервов свидетельствуют особенности замедления сердцебиений при глазо-сердечном рефлексе. Чем моложе дети, тем короче латентный период этого рефлекса, чем старше дети, тем меньше замедление сердцебиений при этом рефлексе и тем быстрее работа сердца возвращается к исходному уровню. Например, у детей 7—8 лет отмечается уменьшение частоты пульса на 10—30 за 50 секунд, а у детей 11—12 лет, как и у взрослых, — на 10—20. Продолжительность рефлекторного замедления работы сердца у грудных детей — 2—3 минуты, в 7—8 лет — 10—40 секунд, в 11—12 лет, и у взрослых — 10—25 секунд. Продолжительность расширения сосудов кожи и потоотделения при этом рефлексе у детей 12—15 месяцев нередко 6—7 минут, у детей 7—8 лет — 4—6 минут, а у детей 11—12 лет, как и у взрослых, — от 1 до 4 минут. У детей от 1 месяца до 7 лет глазо-сердечный рефлекс наблюдается более чем в 90% случаев, а у взрослых только до 75% случаев.

В юношеском возрасте достигается нормальное взаимодействие симпатических и блуждающих нервов сердца, соответствующее взрослым.

Развитие иннервационного аппарата сердца в основном заканчивается к 7—8 годам. К этому возрасту мышца сердца еще не достигла завершения своего развития. Поэтому у младших школьников имеется опасность перегрузки работы сердца при интенсивной мышечной работе, особенно учитывая то, что сердце отстает в своем развитии от кровеносных сосудов.

Постепенная тренировка, рациональная физическая культура способствуют развитию сердечно-сосудистой системы у детей.

Продолжительность систолы у новорожденных — 0,21 секунды, у школьников — 0,34 секунды и у взрослых — 0,36 секунды. Эти различия связаны с более быстрым сокращением сердечной мышцы и большей частотой пульса.



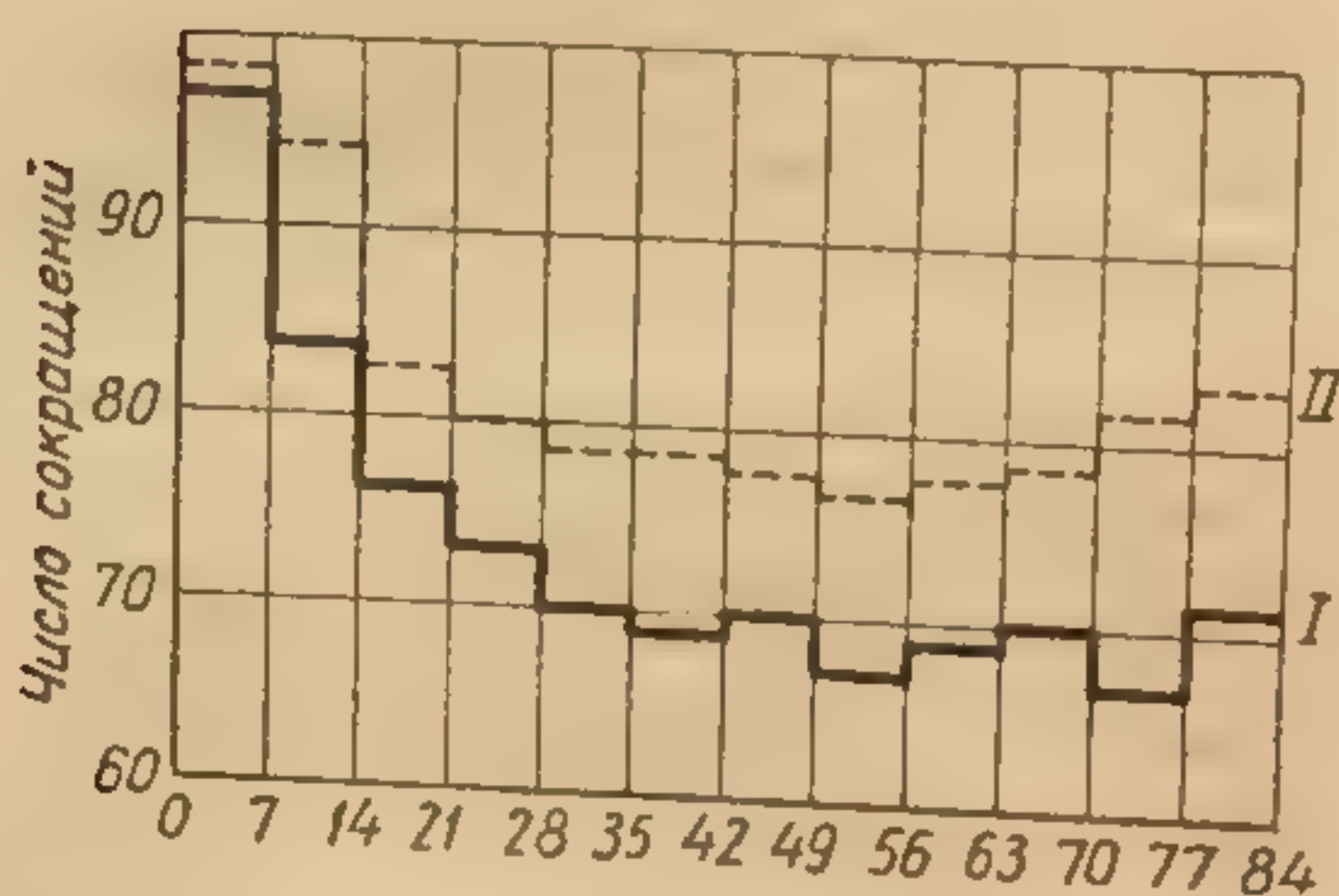
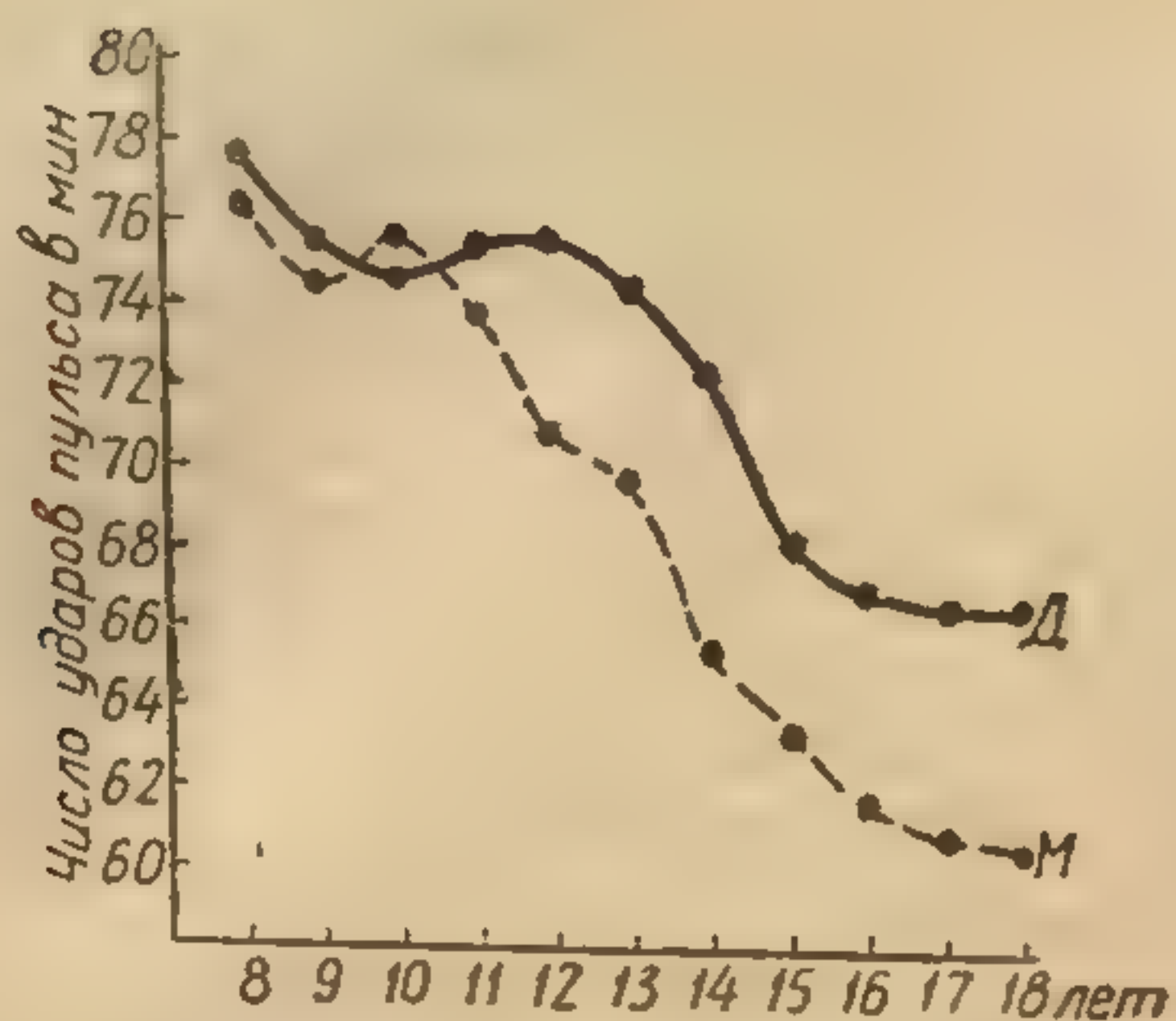


Рис. 51. Средние возрастные изменения частоты сердечных сокращений: I — мужчины (сплошная линия); II — женщины (прерывистая линия); по оси абсцисс — годы жизни.

Минутный объем у новорожденного — около  $330 \text{ см}^3$ , к концу 1 года —  $1200 \text{ см}^3$ , к 5 годам —  $1800 \text{ см}^3$ , к 10 годам —  $2500 \text{ см}^3$  и к 15 годам —  $3150 \text{ см}^3$ . В отличие от взрослых, величина этого объема у детей обусловлена в большей степени частотой пульса и в меньшей степени увеличением систолического объема.

Относительно большая величина минутного объема у детей пропорциональна более высокой потребности растущего организма в доставке крови тканям и большей потребности в кислороде. Количество кислорода, потребляемого в покое на 1 кг

Наибольшая частота пульса наблюдается у новорожденных, у которых число сокращений сердца 120—140 в 1 минуту. У ребенка 1 года оно доходит до 110—120, к 10—11 годам — 75—90, к 12—13 годам — до 75—80, к 15—17 годам — до 65—75 в 1 минуту (рис. 50).

Таким образом, по мере созревания организма частота пульса постепенно уменьшается. Это уменьшение частоты сердцебиений является результатом постепенного увеличения тонуса центров блуждающих нервов в продолговатом мозге. Этот тонус особенно повышается у занимающихся физическим трудом и у физкультурников.

Однако частота пульса у детей одного и того же возраста значительно колеблется. У девочек пульс почти всегда чаще, чем у мальчиков. У детей имеются отличия и в высоте пульса и его характере. Только с 14—15 лет пульс постепенно становится таким же, как и у взрослого (рис. 51).

... у детей в конце  
... у взрослых. Затем  
... потребности в кислороде  
... приближается к ...  
**Сосудистые рефлексы**  
... преимущественно рас-  
... стают сосуды расширя-  
... сие расширение сосу-  
При одних и тех же  
сосудистых рефлексов  
... взрослых при  
... приложении холода  
Прессорные и депрессорные  
... возрастом. Поэтому се-  
... у детей значите-  
... и чаще, чем у  
(учащение и урежение  
... биений, побледнение и  
... нение кожи).

Кровяное давление альное кровяное давл  
тей ниже, чем у взрос  
именнее кровяное да  
новорожденных. У де  
ствуют индивидуальн  
для кровяного давлени  
одного и того же ребен  
вяное давление в нор  
ется постоянным.  
У новорожденного  
60 мм рт. ст., через не  
сца — 80 мм, от 6 до  
85—100 мм, к 12—13 г  
давления приближается  
лж. Диастолическое д  
15—16 годам — 90 мм.  
относительно велико —  
До 5 лет максимум  
всчек одинаковос. С 5  
не на 1—5 мм выше,  
кровяное давление у д  
ков. В периоде половог  
сей снова выше, чем у  
у старших школьников  
гидкая гипертония», к  
ние вместо 110—120 мм  
при этом нет гипертроф



веса, у детей в конце первого года жизни в 2—3 раза больше, чем у взрослых. Затем у детей происходит постепенное понижение потребности в кислороде, и к периоду созревания организма она приближается к потребности взрослого.

**Сосудистые рефлексy.** У детей грудного возраста происходит преимущественно расширение кровеносных сосудов. У детей 7 лет сосуды расширяются и суживаются, однако в этом возрасте расширение сосудов происходит чаще, чем у взрослых.

При одних и тех же условиях раздражения интенсивность сосудистых рефлексов с возрастом снижается. Она достигает уровня взрослых при приложении тепла к 3—5 годам, а при приложении холода — к 5—7 годам.

Прессорные и депрессорные рефлексy совершенствуются с возрастом. Поэтому сердечные и сосудистые рефлексy вызываются у детей значительно легче и чаще, чем у взрослых (учащение и урежение сердцебиений, побледнение и покраснение кожи).

**Кровяное давление.** Артериальное кровяное давление у детей ниже, чем у взрослых. Наименьшее кровяное давление у новорожденных. У детей существуют индивидуальные отличия кровяного давления, но у одного и того же ребенка кровяное давление в норме является постоянным.

У новорожденного максимальное, систолическое давление — 60 мм рт. ст., через несколько дней — 70 мм, к концу 1-го месяца — 80 мм, от 6 до 12 месяцев — 90 мм, от 1 до 2 лет — 85—100 мм, к 12—13 годам — 100 мм и в периоде полового созревания приближается к величине кровяного давления у взрослых. Диастолическое давление к концу 1-го года — 50 мм, а к 15—16 годам — 90 мм. В раннем детстве пульсовое давление относительно велико — 50—60 мм. С возрастом оно уменьшается. До 5 лет максимальное кровяное давление у мальчиков и девочек одинаковое. С 5 до 9 лет у мальчиков кровяное давление на 1—5 мм выше, чем у девочек, а с 9 до 13 лет, наоборот, кровяное давление у девочек на 1—5 мм выше, чем у мальчиков. В периоде полового созревания кровяное давление у юношей снова выше, чем у девушек (рис. 52, табл. 9).

У старших школьников иногда имеется так называемая «юношеская гипертония», когда максимальное артериальное давление вместо 110—120 мм рт. ст. доходит до 140 мм и выше. Если при этом нет гипертрофии сердца и это повышение непостоянно,

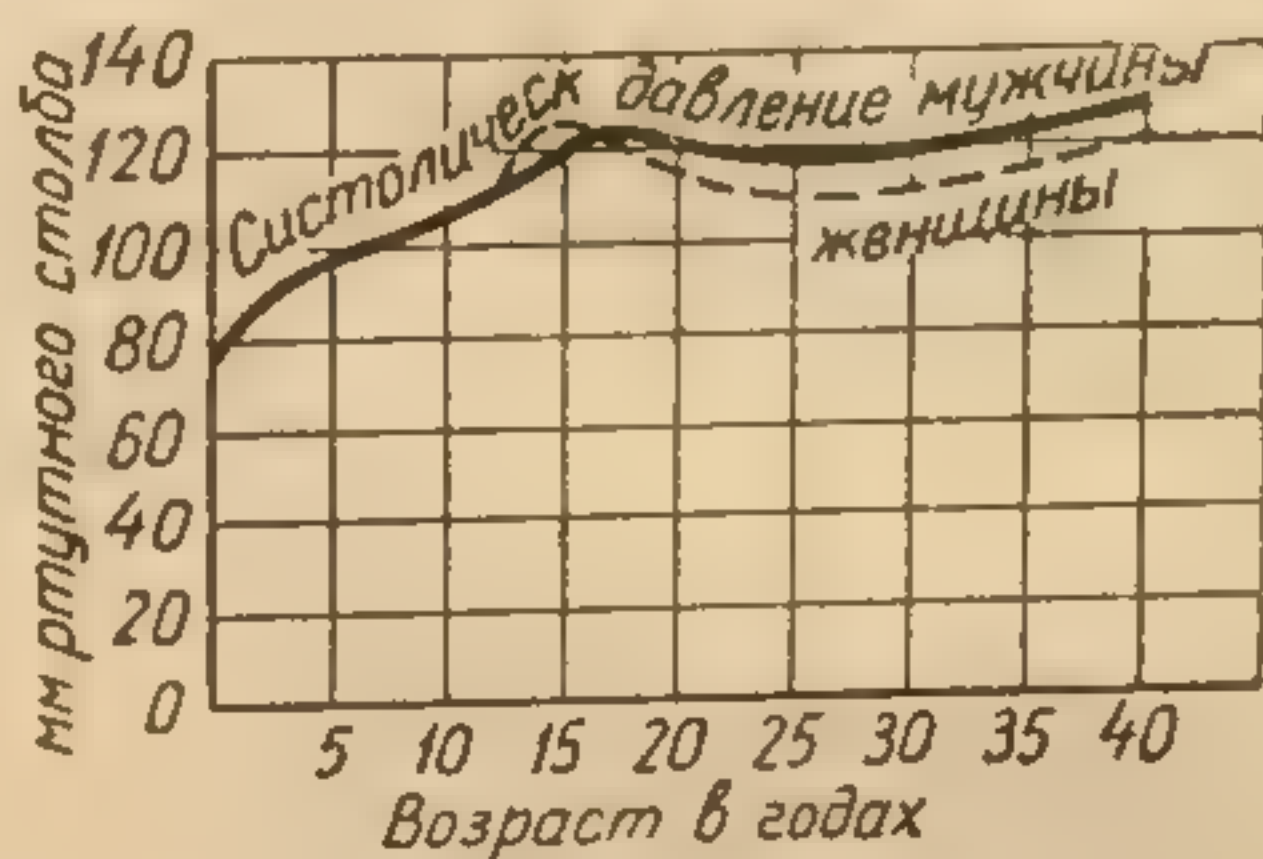


Рис. 52. Средние возрастные изменения систолического артериального давления крови: сплошная линия — мужчины; пунктирная линия — женщины.



то это результат возрастных нервно-гуморальных изменений преходящего характера. Однако эта «юношеская гипертония» диктует осторожность при физических упражнениях. Необходимо избегать физической перегрузки при стойком повышении кровяного давления и гипертрофии сердца в этом возрасте, и особенно во время уроков труда и физкультурных соревнований. Вместе с тем необходима и полезна рациональная тренировка.

Таблица 9

**Кровяное давление у школьников в мм рт. ст.**  
(средние данные Государственного научно-исследовательского педиатрического института Министерства здравоохранения РСФСР)

Возраст в годах	Мальчики		Девочки	
	максимальное давление	минимальное давление	максимальное давление	минимальное давление
7	88	52	87	52
8	90	53	88	53
9	90	53	89	53
10	93	54	94	58
11	96	59	98	59
12	103	60	104	60
13	105	61	106	61
14	108	61	106	62
15	109	62	107	62
16	110	62	108	62
17	113	63	109	63
18	114	63	110	63

**Скорость кругооборота крови.** Скорость кругооборота крови у детей в покое больше, чем у взрослых. У новорожденных — 12 секунд, в 3 года — 15 секунд, в 14 лет — 18,5 секунд. Одной из причин является меньшая длина кровеносных сосудов.

Обеспечивая более интенсивный обмен растущего организма, сердце ребенка выполняет относительно большую работу, чем сердце взрослого, и легче справляется с повышенными требованиями при различных отклонениях от нормальной жизнедеятельности.

**Гигиена сердечно-сосудистой системы детей.** Умеренный физический труд, соответствующие возрасту подвижные игры и физические упражнения, закаливание, нормальный сон способствуют росту, развитию и совершенствованию сердечно-сосудистой системы. Наоборот, чрезмерная умственная и физическая работа, сильные повторяющиеся эмоции, курение, потребление спиртных напитков нарушают нормальное развитие функций сердечно-сосудистой системы. Узкие воротники, тугие платья и пояса, подвязки над коленями, тесная обувь нарушают кровообращение.



#### 4. ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПРИ МЫШЕЧНОЙ И УМСТВЕННОЙ РАБОТЕ

Перераспределение крови при мышечной работе. При мышечной работе происходит перераспределение крови в организме. Из рефлекторно суживающихся сосудов брюшной полости, кожи и неработающих мышц кровь переходит в расширяющиеся кровеносные сосуды работающих мышц.

Во время бега кровь притекает в больших количествах в расширенные кровеносные сосуды ног. Но она в них не задерживается, так как ее выжимают по направлению к сердцу сокращающиеся мышцы ног. При внезапном прекращении бега этот «мышечный насос» сразу перестает работать. Поэтому большое количество крови остается в сосудах ног. Это вызывает резкое падение кровяного давления, особенно в сосудах головы, тошноту, головокружение, иногда потерю сознания. Это состояние называется гравитационным шоком.

При выполнении статического усилия «мышечный насос» не работает. Большое мышечное напряжение при поднятии тяжести или во время борьбы сопровождается натуживанием, т. е.

задержкой дыхания на выдохе при закрытой голосовой щели. При этом повышается давление в грудной полости, что препятствует поступлению крови в сердце. Лицо сильно краснеет, так как кровь застаивается в венах. Кровяное давление может сильно упасть, так как затрудняется отток крови из сердца. В редких случаях при натуживании может наступить потеря сознания. На сердце подростка часто повторяемое натуживание оказывает неблагоприятное действие.

**Изменения деятельности сердечно-сосудистой системы при мышечной работе.** Максимальная частота пульса во время физической работы увеличивается с возрастом.

Во время максимальной работы максимальная частота пульса у детей резко возрастает.

У мальчиков максимальная частота пульса в 8—9 лет — 184, в 12—13 лет — 206, а в 16—18 лет — 196 в 1 минуту. У девочек в 8—9 лет — 187, в 14—15 лет — 206, в 16—18 лет — 201 в 1 минуту (рис. 53).

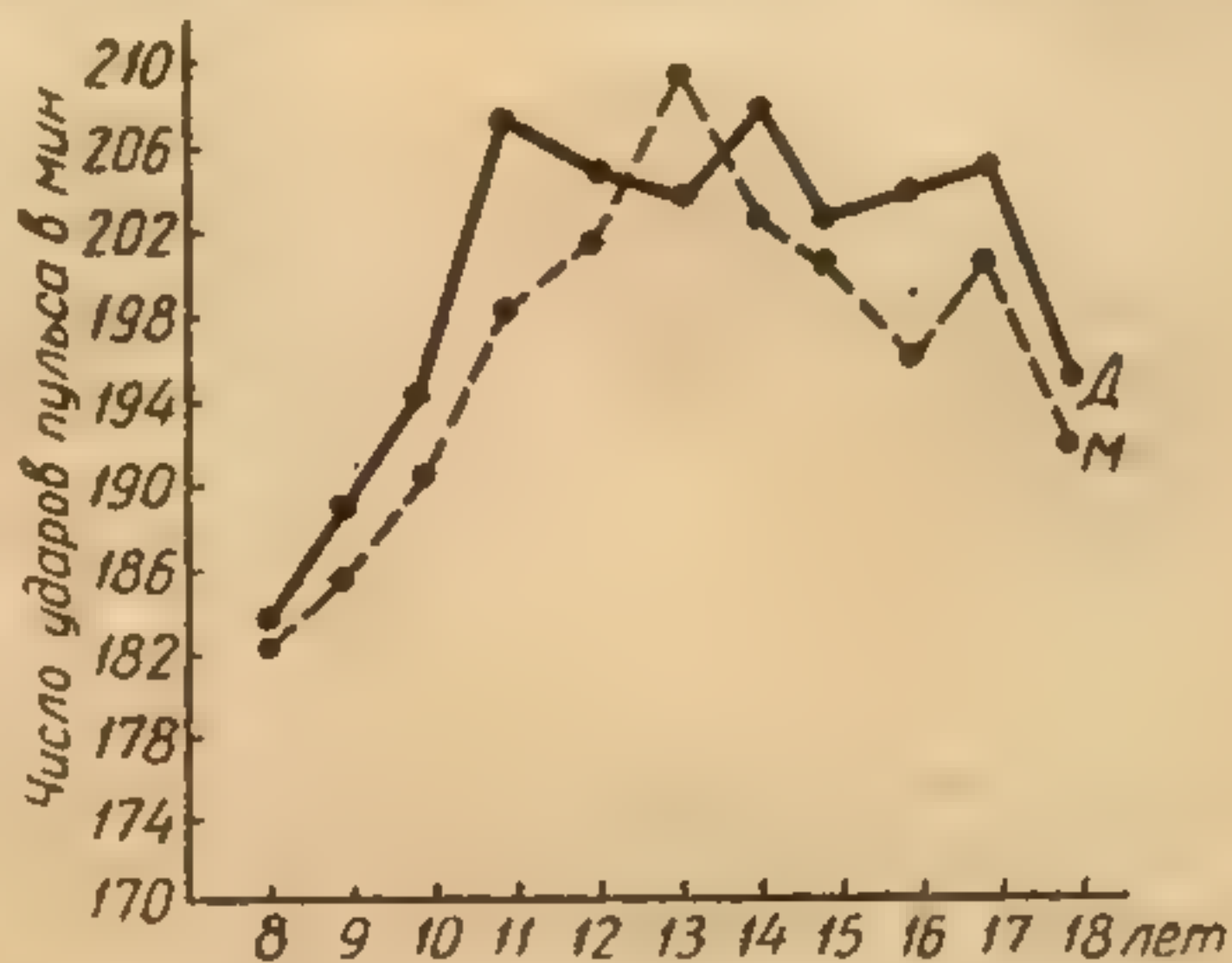


Рис. 53. Возрастные изменения максимальной частоты пульса при максимальной работе (по Фарфелю):

Д — девочки; М — мальчики.



Время, необходимое для возвращения частоты пульса к исходному уровню, наименьшее в 8 лет и наибольшее в старшем школьном возрасте.

У юношей и девушек 16—18 лет велогонки, плавание и бег вызывают в течение 1—2 минут после финиша изменения электрокардиограммы (повышение зубцов Р и R, понижение зубца Т в III отведении), учащение пульса (после бега на 100 и 400 м до 228—240 ударов в 1 минуту, после плавания на те же дистанции — 127—169, после велогонок на 20—25 км — 110—150, а на 50 км — 100—150 ударов в 1 минуту), повышение кровяного давления (наибольшее у бегунов). Следовательно, при интенсивной мышечной работе на коротких дистанциях учащение пульса больше, чем при такой же работе на длинных дистанциях.

У школьников в учащении сердца при мышечном напряжении во время статического усилия имеются некоторые возрастные отличия: в 7—9 лет частота сердцебиений увеличивается при этом в среднем на 18%, у детей 10—15 лет — на 21%, а старше 18 лет — на 26%.

Утомление снижает рефлекторную регуляцию частоты сердцебиений. В конце учебного дня у здоровых детей 11—13 лет условнорефлекторное учащение работы сердца образуется с большим трудом и менее отчетливо выражено, чем в начале учебного дня. Безусловные рефлексы учащения работы сердца при той же физической работе также меньше к концу учебного дня, чем в его начале. Однако утомление при физической работе меньше отражается на безусловных рефлексах, чем на условных.

Физическая тренировка вызывает у школьников увеличение тонуса центров блуждающих нервов. У юношей и девушек 15—18 лет глазо-сердечный рефлекс (замедление сердцебиений при надавливании на глазные яблоки) чаще и сильнее выражен после соревнований (велосипедный спорт, плавание, бег). Если до соревнований замедление сердцебиений происходило у 76% девушек и 57% юношей и проявлялось в уменьшении частоты пульса на 2—10 ударов в 1 минуту, то после соревнований оно обнаружилось у 85% девушек и у 71% юношей и урежение пульса достигло 4—20 ударов в 1 минуту.

Минутный объем крови после тренировки возрастает, что зависит от увеличения систолического объема, которое является результатом увеличения силы сердечного сокращения, развития сердечной мышцы и улучшения ее питания. У тренированных вес сердца возрастает прямо пропорционально развитию их скелетной мускулатуры.

Чем больше сердце и его нервные центры тренированы, тем относительно больше возрастает сила его сокращения и систолический объем крови.



У мальчиков 12—14 лет во время субмаксимальной интенсивной динамической мышечной работы минутный объем крови возрастает по сравнению с покоем в 3—5 раз и достигает до 20—28  $\text{дм}^3$ , а у наиболее физически развитых — до 30—35  $\text{дм}^3$ . Систолический объем крови при этом колеблется от 90 до 172  $\text{см}^3$ , а частота пульса — от 180 до 192 в 1 минуту. Так как учащение сердцебиений с 12 до 14 лет одинаково во всех возрастах, а наибольший минутный объем отмечается у мальчиков 14 лет, то, очевидно, минутный объем с возрастом увеличивается в большей мере за счет систолического объема, чем за счет учащения сердцебиений, что и подтверждается увеличением систолического объема.

Чем старше дети, тем больше увеличивается у них систолическое давление непосредственно после максимальной работы. В 8—9 лет оно возрастает у мальчиков в среднем до 120, в 16—18 лет до 165  $\text{мм рт. ст.}$ , у девочек 8—9 лет до 122, а в 16—18 лет до 151  $\text{мм рт. ст.}$  (рис. 54).

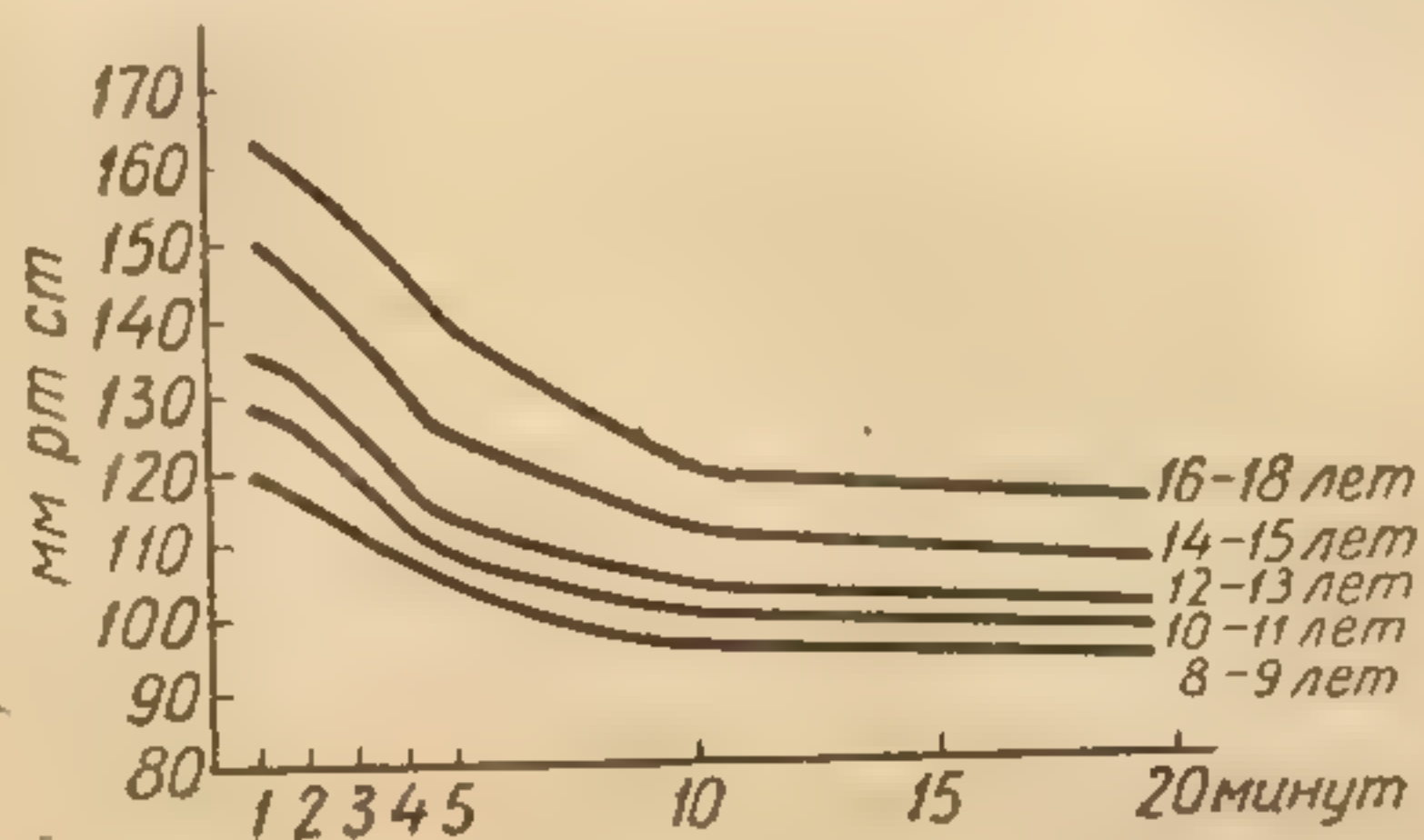


Рис. 54. Возрастные изменения систолического давления сразу после максимальной работы (по Фарфелю).

После динамической работы частота пульса и систолическое кровяное давление возрастают, а после статического усилия, наоборот, пульс становится более редким и кровяное давление снижается. У детей 8—18 лет при физической работе максимальной интенсивности сразу после работы систолическое кровяное давление повышается. Диастолическое давление сразу после максимальной работы понижается.

У подростков 13—15 лет физические упражнения вызывают такое же повышение кровяного давления, как и у юношей 16—18 лет. Это указывает на большие функциональные возможности системы кровообращения у подростков.

Показателем работоспособности сердца служит электрокардиограмма. При работе средней тяжести (затрата энергии до 3 ккал в минуту), производимой в нормальных климатических условиях, у подростков электрокардиограмма изменяется незначительно. При интенсивной работе (затрата энергии 5 ккал в минуту) изменения электрокардиограммы существенны и свидетельствуют об укорочении интервалов между сокращениями предсердий и желудочков. По окончании работы происходит восстановление электрокардиограммы до исходной. У физичес-



ски слабых подростков наблюдаются такие изменения электрокардиограммы, которые указывают на перенапряжение.

Во время интенсивной работы время кругооборота крови в старшем школьном возрасте доходит до 8—10 секунд. Во время мышечной работы рефлекторно возрастает и кровоснабжение сердечной мышцы. Если через венечные сосуды сердца взрослого человека в покое протекает  $250 \text{ см}^3$  крови в минуту, то во время интенсивной мышечной работы количество крови, протекающей через венечные сосуды, доходит до  $850 \text{ см}^3$  в минуту. При повышении кровяного давления на 50% через расширенные венечные сосуды протекает в 3 раза больше крови, чем в покое. Расширение венечных сосудов происходит рефлекторно с проприоцепторов, а также вследствие накопления продуктов обмена веществ и поступления в кровь адреналина.

Все изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы, происходящие во время и после мышечной работы, постепенно проходят через некоторое время после ее прекращения.

**Изменения деятельности сердечно-сосудистой системы при умственной работе.** Умственная работа характеризуется тем, что при ее выполнении производится значительно меньше движений, чем при физической, и они нерегулярны.

При умственной работе суживаются мелкие периферические сосуды и капилляры рук и ног и расширяются те же сосуды в головном мозге и в органах брюшной полости. Следовательно, происходит перераспределение крови обратное тому, которое имеется при физической работе.

Увеличение частоты пульса при умственной работе в отсутствии эмоционального возбуждения значительно меньше, чем при физической. Повышение кровяного давления также значительно меньше.

## Х. ДЫХАНИЕ У 1. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

**Органы дыхания.** Пути, особенно носовые, затрудняют носовое дыхание. Слизистые оболочки слабо развиты. Легкие и окончательно почти отсутствуют.

У новорожденных иногда затрудняется дыхание на уровне шейного позвонка. Частота дыхания у новорожденных 12 годам — 500 в минуту. Нижняя граница легкого.

Дыхательная система особенно у новорожденных и школьников, оттока крови, протекающей также относительно развития капилляров с альвеолярными, чем у взрослых обмен, необходим организму.

**Дыхание у детей.** Дыхание у детей дается нерегулярно, храняется еще в школьном и подростковом возрасте. С возрастом (табл. 10). У взрослых дыхание от 7 до мальчиков больше.



## Х. ДЫХАНИЕ У ДЕТЕЙ

### 1. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЫХАНИЯ У ДЕТЕЙ

**Органы дыхания.** У новорожденных верхние дыхательные пути, особенно носовые ходы, узки, что в первые дни жизни затрудняет носовое дыхание в связи с физиологическим набуханием слизистых оболочек. Придаточные полости носа очень слабо развиты. Лобная пазуха появляется только на 2-м году и окончательно формируется к 15 годам. Гайморова полость почти отсутствует и начинает увеличиваться только с 2 лет.

У новорожденных хрящи носа, гортани и трахеи мягки, что иногда затрудняет дыхание. К 6—13 годам конец трахеи находится на уровне 6-го шейного позвонка, а у взрослых — 8-го шейного позвонка. Трахея растет параллельно росту тела. Легкие у новорожденного весят около 50 г, к 1 году — 150 г и к 12 годам — 500 г, у взрослых — почти 1 кг. С возрастом нижняя граница легких опускается на 1—2 ребра.

Дыхательная поверхность альвеол у детей всех возрастов, и особенно у новорожденных, в раннем детстве и у младших школьников, относительно больше, чем у взрослых. Количество крови, протекающей через легкие в единицу времени, у детей также относительно больше, чем у взрослых. Ввиду обильного развития капилляров легких, поверхность соприкосновения крови с альвеолярным воздухом у детей также относительно больше, чем у взрослых. Все это обеспечивает повышенный газообмен, необходимый для усиленного обмена веществ растущего организма.

**Дыхание у детей.** У детей в первые месяцы жизни наблюдается нерегулярность, неравномерность дыхания, которая сохраняется еще в раннем детском возрасте и у младших школьников и постепенно сменяется регулярным, равномерным дыханием. С возрастом частота дыхания постепенно уменьшается (табл. 10).

У взрослых имеются индивидуальные колебания частоты дыхания от 7 до 22 в 1 минуту. До 8 лет частота дыхания у мальчиков больше, чем у девочек.



Таблица 10

Число дыханий у детей в минуту  
(по А. Ф. Туру)

У новорожденных . . . . .	40—60
От 2 недель до 3 месяцев . .	40—45
» 4 месяцев до 6 » . . . .	35—40
» 7 » » 12 » . . . . .	30—35
» 2 до 3 лет . . . . .	25—30
» 5 » 6 » . . . . .	около 25
» 10 » 12 » . . . . .	20—22
» 14 » 15 » . . . . .	18—20

Перед периодом полового созревания частота дыхания у девочек становится больше, чем у мальчиков, и в дальнейшем это отношение сохраняется в течение всей жизни.

Дыхательный центр у детей легко возбудим. Дыхание у детей значительно учащается при психических возбуждениях, небольших физических упражнениях, незначительном повышении температуры тела и окружающей среды.

**Дыхательный объем и минутный объем дыхания.** В первые дни после рождения дыхание поверхностное, постепенно оно становится более глубоким. Дыхательный объем в среднем у новорожденного во время сна около  $20 \text{ см}^3$ , к концу 1-го месяца —  $25 \text{ см}^3$ , к концу 1-го года —  $80 \text{ см}^3$ , к 5 годам —  $215 \text{ см}^3$  и к 12 годам —  $375 \text{ см}^3$ . У взрослых — от 300 до  $600 \text{ см}^3$ .

При выполнении физических упражнений ребенок почти не может увеличить дыхательный объем, но он может увеличивать частоту дыхания. Такое дыхание является менее экономным. Поэтому для развития грудной клетки в младшем и среднем школьном возрасте рекомендуются упражнения, усиливающие и тренирующие работу дыхания.

Минутный объем у новорожденного равен  $650—700 \text{ см}^3$ , к концу 1-го месяца —  $1400 \text{ см}^3$ , к концу 1-го года —  $2600 \text{ см}^3$ , к 5 годам —  $5800 \text{ см}^3$  и к 12 годам —  $7000—9000 \text{ см}^3$ .

Минутный объем дыхания у детей с 5 лет значительно больше, чем у взрослых. К 12 годам он в 2 раза больше, чем у взрослых. Но уже у новорожденных, при пересчете на 1 кг веса тела, он более чем в 2 раза превышает минутный объем дыхания на 1 кг веса взрослого человека. Это превышение минутного объема у детей обусловлено тем, что при почти одном и том же дыхательном объеме в  $\text{см}^3$  на 1 кг веса частота дыхания у детей в 3—4 раза больше, чем у взрослых. Таким образом, легочная вентиляция у детей на 1 кг веса значительно больше, чем у взрослых.

**Легочная вентиляция.** У новорожденных легочная вентиляция в кубических сантиметрах на 1 кг веса тела в 4 раза боль-

17-лет  
14 лет — 125, 15—17  
Жизненная емкость  
емкость легких от 700  
в 14—16 лет — 2500  
емкости колеблется в  
(наибольшая при гр  
мальчиков). Она уве  
легких происходит за  
тельная поверхность  
у взрослых. Количес  
крови, протекающ  
через легкие в един  
ду времени, у дет  
также относительно  
больше, чем у взро  
лых. Ввиду обильно  
развития капилляр  
легких поверхнос  
соприкосновения к  
ви с альвеолярным в  
духом у детей так  
относительно больш  
чем у взрослых. И  
это обеспечивает  
высший газообмен  
ществ растущего ор  
Газообмен. Газоо  
ляции щелочно-кисл  
5 лет в выдыхаемом  
кислого газа, чем у  
Содержание кис  
уменьшается, а со  
воздухе с возрасто

Содер в выдых	Возраст (годы)
	4—5
	6—7
	12—13
	14—15



ше, чем у 17-летних: у новорожденных — 400, в 5—6 лет — 200—210, 7 лет — 160, 8—10 лет — 170, 11—13 лет — 130—145, 14 лет — 125, 15—17 лет — 110. На 1 м<sup>2</sup> поверхности тела легочная вентиляция у новорожденных в 2,5 раза больше, чем у 17-летних.

**Жизненная емкость легких.** У детей в 5—6 лет жизненная емкость легких от 700 до 800 см<sup>3</sup>, в 9—10 лет — 1500—1600 см<sup>3</sup>, в 14—16 лет — 2500—2600 см<sup>3</sup> (рис. 55). Величина жизненной емкости колеблется в зависимости от длины тела, типа дыхания (наибольшая при грудно-брюшном типе), от пола (больше у мальчиков). Она увеличивается при тренировке. Рост объема легких происходит за счет увеличения объема альвеол. Дыхательная поверхность альвеол у детей относительно больше, чем у взрослых. Количество

крови, протекающей через легкие в единицу времени, у детей также относительно больше, чем у взрослых. Ввиду обильного развития капилляров легких поверхность соприкосновения крови с альвеолярным воздухом у детей также относительно больше, чем у взрослых. Все это обеспечивает повышенный газообмен, необходимый для усиленного обмена веществ растущего организма.

**Газообмен.** Газообмен у детей связан с различиями в регуляции щелочно-кислотного равновесия. Например, у ребенка в 5 лет в выдыхаемом воздухе примерно в 3 раза меньше углекислого газа, чем у взрослых.

Содержание кислорода в выдыхаемом воздухе с возрастом уменьшается, а содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе с возрастом увеличивается (табл. 11).

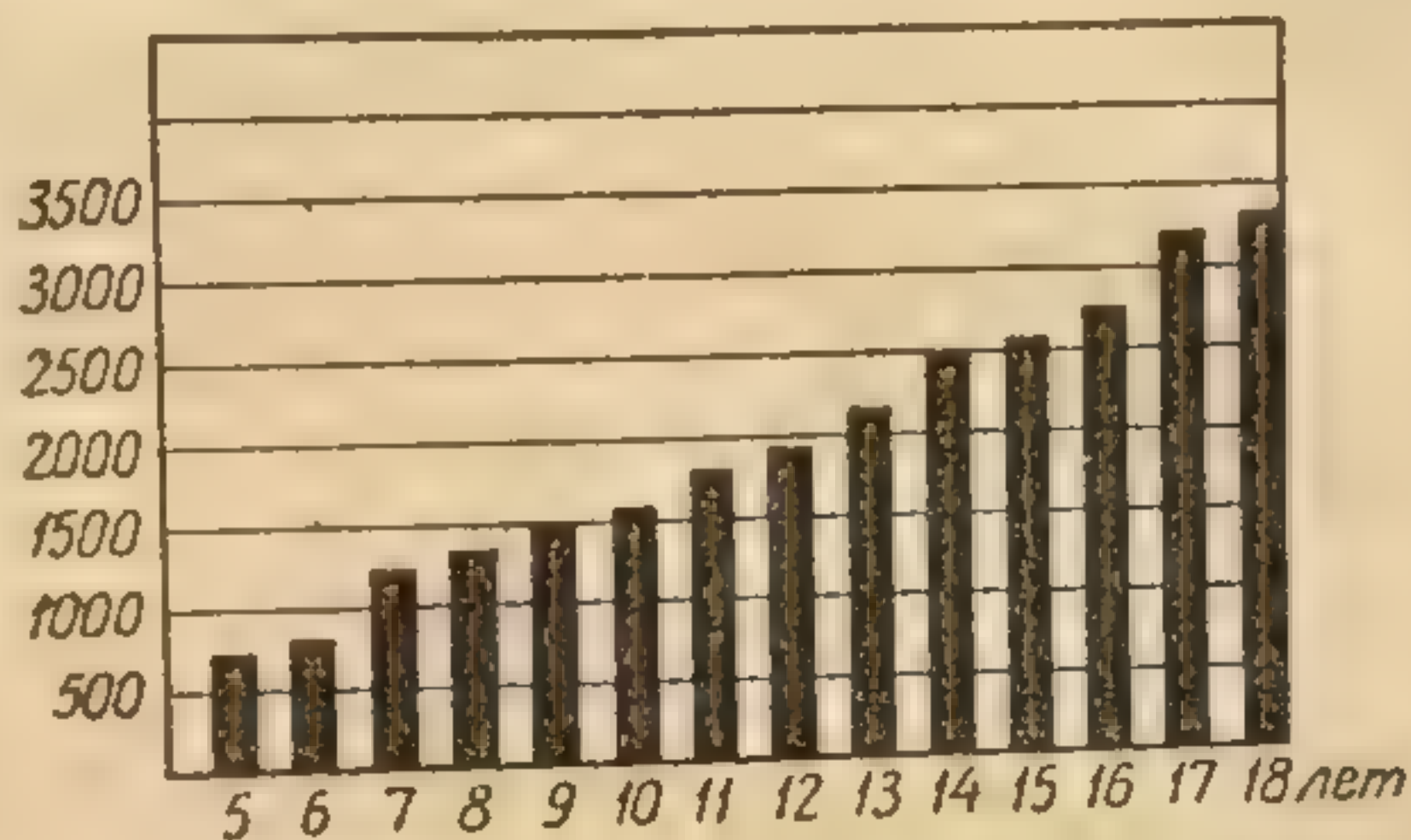


Рис. 55. Увеличение жизненной емкости легких с возрастом (в см<sup>3</sup>).

Таблица 11

Содержание кислорода и углекислого газа в выдыхаемом воздухе у детей (в процентах)

Возраст (годы)	Кислород	Углекислый газ
4—5	19,0—18,7	1,5—1,8
6—7	18,4—18,0	2,1—2,5
12—13	17,4—17,2	3,1—3,3
14—15	16,4	4,1



Относительно высокое процентное содержание кислорода в выдыхаемом воздухе обусловлено тем, что у детей переход кислорода в кровь в альвеолах меньше, чем у взрослых. Например, у ребенка 6 лет процент использования кислорода в легких равен 3,3, а у 17-летнего — 4,3. У новорожденного процент использования кислорода в легких в 2 раза меньше, чем у взрослого человека.

Дети 6—7 лет переносят не более чем в течение 14 минут снижение парциального давления кислорода в воздухе при его минимальном содержании 6,5—8,5%. Дети 10 лет могут дышать до 15 минут при 5,5—6,5% кислорода, 12 лет — до 13,5 минут при 5,5—6,0%, 15—16 лет — до 11,5 минут при 5,0—6,0%. Следовательно, дети 12—16 лет иногда лучше переносят кислородное голодание, чем взрослые, которые могут дышать только 9 минут при 5,0—7,0% кислорода в воздухе.

Однако при длительном пребывании в горах на высоте 2200—3000 м у юношей и девушек чувствительность к кислородной недостаточности больше, чем у взрослых и детей. В этих условиях у юношей и девушек 14—17 лет высшая нервная деятельность изменяется больше, чем у взрослых и детей 3—7 лет, у которых отмечаются наименьшие изменения высшей нервной деятельности.

**Тип дыхания.** У новорожденных мальчиков и девочек брюшной (диафрагмальный) тип дыхания. С возрастом передне-задний диаметр грудной клетки уменьшается, а поперечный диаметр увеличивается; угол между реберной дугой и средним сечением грудной клетки уменьшается с 60° у новорожденного до 20° в 15 лет и до 15° по окончании полового созревания. Таким образом, грудная клетка из положения вдоха переходит в положение выдоха и тем самым создается возможность перехода к грудному (реберному) типу дыхания. В начале 2-го года жизни в связи с переходом из горизонтального в вертикальное положение устанавливается грудно-брюшной тип дыхания. С 3—7 лет все более отчетливо выступает грудной тип дыхания, а начиная с 7—14 лет начинают сказываться половые различия: у мальчиков преобладает брюшной тип, а у девочек грудной тип дыхания.

**Гигиена дыхания.** Для гигиены дыхания имеет значение нормальное развитие грудной клетки. Оно обеспечивается правильным положением тела, особенно во время сидения за партой в школе и за столом дома при приготовлении уроков, а также прямой осанкой при ходьбе и стоянии.

Дети при выполнении мышечной работы иногда задерживают дыхание. Поэтому им рекомендуются такие физические упражнения, которые хорошо сочетаются с дыханием. Следует воспитывать установку ритма дыхания в кратном отношении к

...у движения. Это ...  
... для нормального ра ...  
... следующие физическ ...  
... дыхательные мышцы: д ...  
... катание на коньках ...  
... Дыхательная ритмич ...  
... физическое, но и умст ...  
... к снижению газообмена ...  
... быть равномерным и пр ...  
... дыхание обеспечивает ...  
... воздуха. Дети должны ...  
... проветриваемом пом ...  
... вать на свежем воздухе ...  
... заболеваний органов д ...  
... чрезвычайно вредно. См ...  
... в 20 раз больше, чем у ...

## 2. ДЫХАНИЕ ПРИ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЕ

### Регуляция дыхания

Дыхания при мышечной работе происходит автоматически. Вследствие поступления веществ, поступление кислот и, следовательно, возбуждения дыхательной работы увеличивается, так и за счет его также участвуют возбуждение проприоцептивным раздражением в мышцах продуктам

### Легочная вентиляция

Легочная вентиляция — физическая работа, совершаемая при дыхании. Чем интенсивнее вентиляция, тем больше проходит через легкие и альвеолы

Максимальный расход кислорода в 42, 7—40, 8—42, 14—68, 15—75, 16—73

При гимнастических упражнениях увеличивается в 2—7 раз до 20 раз.

Потребление кислорода значительно увеличивается при физической работе.

1. С. И. Гальперин



ритму движения. Это имеет большое значение для воспитания координации движений и дыхания.

Для нормального развития грудной клетки особенно важны следующие физические упражнения, в которых тренируются дыхательные мышцы: дыхательная гимнастика, гребля, плавание, катанье на коньках, ходьба на лыжах.

Дыхательная ритмическая гимнастика ускоряет не только физическое, но и умственное развитие ребенка, способствуя улучшению газообмена в головном мозге. Дыхание должно быть равномерным и производиться через нос, так как носовое дыхание обеспечивает согревание и увлажнение вдыхаемого воздуха. Дети должны спать при открытых окнах или в хорошо проветриваемом помещении, а днем возможно больше бывать на свежем воздухе. Большое значение для предупреждения заболеваний органов дыхания имеет закаливание. Курение чрезвычайно вредно. Смертность от рака легких у курильщиков в 20 раз больше, чем у некурильщиков.

## 2. ДЫХАНИЕ ПРИ МЫШЕЧНОЙ И УМСТВЕННОЙ РАБОТЕ

**Регуляция дыхания при мышечной работе.** Изменения дыхания при мышечной работе осуществляются рефлекторно и автоматически. Вследствие значительного увеличения обмена веществ, поступления в кровь молочной, угольной и других кислот и, следовательно, накопления в крови водородных ионов и возбуждения дыхательного центра, легочная вентиляция при мышечной работе увеличивается как за счет учащения дыхания, так и за счет его углубления. В этих изменениях дыхания также участвуют моторно-висцеральные рефлексы, причем возбуждение проприоцепторов достигается не только механическим раздражением их при работе мышц, но и образующимися в мышцах продуктами обмена веществ.

**Легочная вентиляция.** Параллельно интенсивности производимой физической работы обычно увеличивается и легочная вентиляция. Чем интенсивнее работа, тем больше воздуха проходит через легкие и тем больше газообмен. При глубоком дыхании альвеолярный воздух вентилируется на 80—90%.

Максимальная вентиляция легких в 1 минуту в кубических дециметрах увеличивается с возрастом. В 6 лет она равна 42, 7—40, 8—42, 9—46, 10—48, 11—55, 12—61, 13—61, 14—68, 15—75, 16—73, 17—81 дм<sup>3</sup>.

При гимнастических упражнениях вентиляция легких увеличивается в 2—7 раз, а при беге на средние дистанции — даже до 20 раз.

**Потребление кислорода при мышечной работе.** Потребление кислорода значительно изменяется при мышечной работе. В по-



кое взрослый человек потребляет 150—300 см<sup>3</sup> кислорода в 1 минуту. Максимальная величина поглощения кислорода в 1 минуту («кислородный потолок») при усиленном дыхании у нетренированных не превышает 2—3,5 дм<sup>3</sup> в минуту, а у хорошо тренированных доходит до 5—5,5 дм<sup>3</sup> в минуту, но так как потребность в кислороде при интенсивной мышечной работе увеличивается в 20—25 раз по сравнению с покоем, то образуется «кислородный долг».

Максимальное потребление кислорода при максимальной работе у тренированных детей 10—13 лет равняется 49 см<sup>3</sup> на 1 кг веса тела в 1 минуту и у нетренированных — 47,3 см<sup>3</sup>.

Повышение потребления кислорода у детей 9—18 лет при работе большой интенсивности в первую минуту одинаково у всех возрастов и доходит до 45% максимальной величины. Во вторую минуту оно увеличивается до 75% и в третью минуту достигает максимума.

Различие в максимальном потреблении кислорода у тренированных и нетренированных подростков значительно меньше, чем у тренированных и нетренированных взрослых.

Подростки быстрее достигают максимального уровня потребления кислорода и быстрее прекращают работу, так как обладают меньшей способностью поддерживать потребление кислорода на достигнутом максимальном уровне, чем взрослые.

У юношей и девушек 14—17 лет гипоксия — снижение содержания кислорода в тканях — вызывает большие нарушения высшей нервной деятельности, чем у детей и взрослых. Сердечная деятельность, особенно при физических нагрузках, у них больше изменяется при гипоксии, чем у взрослых. Приспособление к гипоксии происходит в этом возрасте преимущественно за счет усиления сердечной деятельности. Организм юношей является более чувствительным к гипоксии, чем взрослых.

В восстановительном периоде после окончания работы «кислородный долг» погашается. У юношей и девушек в возрасте 14—18 лет при выполнении одной и той же работы потребление кислорода в восстановительном периоде после работы отчетливо больше, чем у взрослых. У них выдыхание углекислого газа в этом периоде также несколько больше. Восстановление начинается во время самой работы и в младшем школьном возрасте в 8—12 лет протекает при беге на 50 м быстрее, чем у старших школьников, а при беге на 100 м оно протекает быстрее у 12—16-летних.

Мощность производимой работы с возрастом повышается менее интенсивно, чем потребление кислорода. С возрастом способность восстановления во время работы уменьшается. При относительно одинаковой физической работе кислородный долг с возрастом увеличивается.

При беге на 50 м  
и легких на 1 км  
возраста, а при беге  
Во время бега в  
взросле в младшем во  
сительное максимал  
таа при беге на 100  
8—12 лет).

При работе макс  
орода и легочная в  
сравнению с этими ф

Абсолютная велич  
16—18 лет увеличива  
мальниками 8—9 ле  
14—18 лет. У девочек  
ких при максимальн  
бенно в 8—9 и 16—18

Кислородный долг  
раста больше, чем у

Во время работы  
с возрастом. В нача  
мерно снижается во  
он повышается.

«Мертвая точка»

длительной мышечной  
плавании нередко чер  
ная отдышка, затрудне  
ди, учащаются средн

«мертвая точка»). Э

сознательно, психичес

нервными импульсам

и тогда исчезают ощу

стает улучшение са

и спокойным, значител

рое дыхание»).

При наступлении «

углекислота, молочная

ия водородных ионов

их ионов вызывает

усиленную вентиляцию

жением выделения угл

падение концентрации

меньшение концентра

голяря увеличению

отделении во время «в

Усиленная вентиля

работой предупреждае



При беге на 50 м средняя величина максимальной вентиляции легких на 1 кг веса тела меньше у мальчиков младшего возраста, а при беге на 100 м величина вентиляции больше.

Во время бега на 100 м процент поглощения кислорода выше в младшем возрасте, а при беге на 50 м — ниже. Относительное максимальное потребление кислорода на 1 кг веса тела при беге на 100 м также выше в младшем возрасте (8—12 лет).

При работе максимальной интенсивности потребление кислорода и легочная вентиляция увеличиваются в 6—10 раз по сравнению с этими функциями при основном обмене.

Абсолютная величина потребления кислорода у мальчиков 16—18 лет увеличивается более чем в 2 раза по сравнению с мальчиками 8—9 лет. Это увеличение особенно велико в 14—18 лет. У девочек потребление кислорода и вентиляция легких при максимальной работе меньше, чем у мальчиков, особенно в 8—9 и 16—18 лет.

Кислородный долг на 1 кг веса тела у детей старшего возраста больше, чем у детей младшего возраста.

Во время работы дыхательный коэффициент увеличивается с возрастом. В начальном периоде восстановления он равномерно снижается во всех возрастах, кроме 9-летних, у которых он повышается.

**«Мертвая точка» и «второе дыхание».** При интенсивной длительной мышечной работе, при беге, езде на велосипеде, плавании нередко через некоторое время наступает очень сильная одышка, затруднение дыхания и ощущение стеснения в груди, учащаются сердцебиения, повышается кровяное давление («мертвая точка»). Это состояние преодолевается у человека сознательно, психическим, волевым усилием, следовательно, нервными импульсами с больших полушарий головного мозга, и тогда исчезают ощущение стеснения в груди и удушье и наступает улучшение самочувствия. Дыхание становится ровным и спокойным, значительно повышается работоспособность («второе дыхание»).

При наступлении «мертвой точки» в крови накапливаются углекислота, молочная кислота и др. — повышается концентрация водородных ионов. Это повышение концентрации водородных ионов вызывает дальнейшее углубление дыхания, резко усиленную вентиляцию легких, которая сопровождается увеличением выделения углекислого газа в выдыхаемый воздух и падением концентрации водородных ионов в крови. Кроме того, уменьшение концентрации водородных ионов наступает и благодаря увеличенному выделению молочной кислоты при потении во время «второго дыхания».

Усиленная вентиляция легких перед интенсивной мышечной работой предупреждает наступление «мертвой точки».



**Изменения дыхания у тренированных и у нетренированных.** У тренированных людей увеличение легочной вентиляции происходит как за счет учащения, так и главным образом за счет углубления дыхания. У тренированных при одной и той же работе объем легочной вентиляции постепенно увеличивается, так как дыхание становится более редким, но глубоким. При интенсивной мышечной работе у тренированных людей максимальная легочная вентиляция доходит до 100—150 дм<sup>3</sup> в 1 минуту. У нетренированных при той же физической нагрузке она значительно меньше. При глубоком дыхании альвеолярный воздух вентилируется на 80—90%, что обеспечивает большую диффузию газов через альвеолы. При неглубоком и частом дыхании, характерном для детей младших возрастов при выполнении физической работы, вентиляция альвеолярного воздуха значительно меньше и относительно большая часть вдыхаемого воздуха остается в «мертвом пространстве» — в носоглотке, ротовой полости, трахее, бронхах.

Таким образом, у тренированных людей кровь в большей степени насыщается кислородом, чем у нетренированных. Повышение легочной вентиляции при мышечной работе является результатом возбуждающего действия — как рефлекторного, так и непосредственного — на дыхательный центр накопившихся в крови углекислоты и молочной кислоты, т. е. повышения концентрации водородных ионов. Одновременно вследствие выбрасывания в кровяное русло депонированной крови при мышечной работе увеличивается кислородная емкость крови. Увеличение легочной вентиляции, повышение кислородной емкости крови и увеличение минутного объема крови обеспечивают увеличенное поглощение кислорода при мышечной работе. Течение энергетических процессов происходит у детей и подростков младших возрастов менее полноценно по сравнению со старшими, однако оно достигает достаточно высокой степени для поддержания обмена веществ при интенсивной работе (Я. А. Эголинский).

**Изменения дыхания в связи с изменениями кровообращения.** Дыхание всегда связано с кровообращением, но особенно это проявляется при мышечной работе. Во время мышечной работы кровоснабжение легких увеличено — повышена скорость протекания крови через легочные капилляры и значительно возрастает число функционирующих легочных капилляров. Но при некоторых физических упражнениях: поднятии тяжестей, гребле, беге на лыжах, лазании, прыжках и др. — вследствие повышения внутригрудного давления при задержке дыхания приток крови к сердцу может значительно уменьшиться, а иногда кратковременно почти прекратиться, что может привести к обеднению легких кровью, переполнению кровью кровеносных сосудов большого круга, прекращению пульса и потере сознания.

Влияние дыхания на  
и мышечную  
состоится посред  
и сила мышц р  
увеличивает силу  
производство наибольш

**Изменения дыхания**  
в интенсивной работе ды  
У человека головн  
и поступающего в  
и головного мозга у де  
и наступающее пр  
и интенсивности  
и связанное с ним потр  
и увеличении общего об  
и кислорода по сравнению с  
и про себя, сидя, об  
и чтении вслух, сидя, —  
и больше движений.



**Влияние дыхания на мышечную работу.** Дыхание влияет на движения и мышечную работу. Можно считать, что это влияние осуществляется посредством висцеро-моторных рефлексов. Наибольшая сила мышц развивается во время натуживания. Выдох увеличивает силу мышц, а вдох уменьшает ее. Поэтому производство наибольших усилий должно совпадать с выдохом.

**Изменения дыхания при умственной работе.** При умеренной умственной работе дыхание незначительно увеличивается.

У человека головной мозг потребляет примерно 25% кислорода, поступающего в организм. Однако, ввиду того что вес головного мозга у детей составляет примерно  $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{50}$  веса тела, наступающее при умственной работе значительное увеличение интенсивности обмена веществ в головном мозге и связанное с ним потребление кислорода мало отражается на увеличении общего обмена веществ и общего потребления кислорода по сравнению с физической работой. Например, при чтении про себя, сидя, обмен веществ повышается на 16—18%, при чтении вслух, сидя, — на 50%, так как при этом значительно больше движений.



## XI. ПИЩЕВАРЕНИЕ У ДЕТЕЙ

### 1. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПИЩЕВАРЕНИЯ У ДЕТЕЙ

**Изменения органов пищеварения.** Потребность в пище у детей относительно больше, чем у взрослых, вследствие повышенного обмена веществ и усиленного роста. Пищеварение у них совершается интенсивнее, чем у взрослых.

Особенно выступают различия в строении и функции органов пищеварения у новорожденных и в грудном возрасте, т. е. в периоде наибольших темпов роста организма.

Наиболее интенсивный рост желудка происходит в течение 1 года жизни, особенно быстро растет желудок до 10 лет.

Вместимость желудка увеличивается с возрастом. При рождении желудок вмещает всего  $7 \text{ см}^3$ , на 10-й день — до  $80 \text{ см}^3$ , в конце 1-го месяца —  $100 \text{ см}^3$ , к концу 1-го года —  $300 \text{ см}^3$ , к концу 3-го года —  $600 \text{ см}^3$ .

С 4 до 7 лет рост емкости желудка несколько замедляется. В 10—12 лет вместимость желудка достигает  $1,5 \text{ дм}^3$ , а у взрослого — до  $3 \text{ дм}^3$ .

С возрастом изменяется форма желудка. У детей до 1,5 лет она круглая, до 2—3 лет продолговатая (грушевидная), к 7 годам желудок имеет форму желудка взрослых и занимает в брюшной полости такое же положение. Иногда детская форма желудка сохраняется до 11 лет.

Слизистая оболочка желудка у детей раннего возраста обильно снабжена кровеносными сосудами, но желез меньше, чем у взрослых, и они недоразвиты.

У детей младшего возраста меньше, чем у взрослых, кислотность желудочного сока и количество ферментов. С возрастом кислотность желудочного сока и содержание в нем ферментов увеличиваются.

Поджелудочная железа у новорожденных расположена косо, форма — трехгранная, длина — 3—7 см. С возрастом она увеличивается, принимает положение, как у взрослого,



к концу 1-го года, а форму — в 5—6 лет. Ее размеры относительно больше, чем у взрослых.

У новорожденного вес печени 150 г, к 2 годам он удваивается, к 3 годам — утраивается. В периоде полового созревания печень растет особенно интенсивно и к 25 годам достигает нормы взрослого — до 1500 г.

В росте кишечника отмечаются 2 скачка: первый, от 1 до 3 лет, связан с переходом от молочной к смешанной пище, второй, от 10 до 15 лет, обусловлен ростом всего организма. Толстые кишки растут быстрее тонких. Длина тонкой кишки взрослого человека 6—7 м. Длина кишечника у детей относительно больше, чем у взрослых. У взрослого длина кишечника больше длины тела в 4,5 раза, а у грудного ребенка в 6 раз.

В раннем детском возрасте слизистая и мышечная оболочки кишечника слабее развиты, чем у взрослых. Железы также недоразвиты, но у детей относительно больше, чем у взрослых, развиты кровеносные и лимфатические сосуды.

Вследствие слабости мускулатуры пищеварительного канала наблюдается замедление в продвижении пищевых масс.

Секреция пищеварительных соков и образование ферментов на протяжении первого года жизни усиливается новыми видами пищи.

**Особенности пищеварения в ротовой полости.** Основное значение для нормального пищеварения имеет раздражение пищей ротовой полости. Здесь, в начальном отделе пищеварительного канала, происходит опробование пищи, отсюда начинается рефлекторная работа пищеварительных желез и мускулатуры пищеварительного канала. Химический анализатор ротовой полости соединяет две среды: внутреннюю среду организма и внешнюю среду, регулируя влияние внешней среды на внутреннюю и тем обеспечивая нормальный химический состав организма.

Так как воздействия внешней среды на органы пищеварения осуществляются посредством нервной системы, то в работе слюнных желез в наибольшей степени выступает роль рефлекторной регуляции, которая изменяется с возрастом в соответствии с развитием нервной системы у детей. Кроме того, функция слюнных желез у детей наиболее изучена, так как она служит показателем их высшей нервной деятельности.

Безусловные слюнные рефлексы являются показателем деятельности главным образом подкорковых центров. Они изменяются в зависимости от характера питания, при истощении, при эмоциях, нарушениях функции желез внутренней секреции, при инфекционных заболеваниях.

Возбудителями секреции слюны являются химические, механические и температурные раздражения рецепторов ротовой полости.



У новорожденных слюна содержит только амилазу, мальтазы в ней нет. Количество слюны в течение первых двух месяцев жизни невелико. Коровье молоко вызывает у новорожденных более значительное отделение слюны, чем другие жидкости.

У детей дошкольного и школьного возрастов сравнительно большую секрецию слюны вызывают лимоны, апельсины, клюква, шоколад, морковь, виноград, свекла, черешня, черный хлеб, сыр, печенье, белый хлеб. Меньшую секрецию вызывают арбузы, масло, томаты, салат, молоко, пряности. Соли калия вызывают большее слюноотделение, чем соли натрия и кальция. Секреция слюны больше на стороне жевания. При жевании преимущественно передними зубами слюна отделяется подчелюстными и подъязычными железами. Эти факты имеют значение при образовании условных рефлексов.

Механические раздражения также вызывают рефлекторное слюноотделение с определенных участков ротовой полости.

При механическом раздражении передней половины языка слюна отделяется из подчелюстных и подъязычных желез и не отделяется из околоушных желез. При раздражении задней поверхности языка слюна отделяется из околоушных желез на стороне раздражения. Механическое раздражение внутренней поверхности щек не вызывает секреции.

Вода при температуре тела не вызывает слюноотделения. Слюноотделение увеличивается по мере ее охлаждения. При действии холодной воды на переднюю поверхность языка секретируют подчелюстные и подъязычные железы, а на заднюю поверхность языка — околоушные железы.

Чем больше концентрация раствора кислоты, тем больше секреция слюны и тем больше в ней щелочей.

Величина безусловных слюнных рефлексов значительно отличается у разных детей одного и того же возраста. Одни и те же пищевые вещества вызывают у одних детей большое слюноотделение, у других — небольшое. Величина секреции зависит от отношения ребенка к данному виду пищи. Чем больше предпочитает ребенок данную пищу, тем больше секреция. Это обусловлено пищевым режимом и воспитанием.

Количество слюны увеличивается до известного предела с увеличением количества пищи и продолжительности раздражения пищей ротовой полости. Поэтому нужно приучать ребенка медленно разжевывать пищу.

Если условный раздражитель подкрепляется пищей на одной стороне, то условные слюнные рефлексы образуются на той же стороне.

Суточное количество слюны на пищевые вещества у детей 11—12 лет равно в среднем  $200 \text{ см}^3$ . Оно индивидуально колеблется: из околоушных желез от 20 до  $120 \text{ см}^3$ . (в среднем



70 см<sup>3</sup>) и относительно постоянно из подчелюстных и подъязычных желез — от 125 до 130 см<sup>3</sup>. У одного и того же ребенка суточное слюноотделение постоянно.

Количество слюны, отделяемой вне периодов приема пищи (промежуточной), периодически колеблется в течение суток: оно больше в середине дня и понижается утром и вечером. Суточное ее количество составляет 400—600 см<sup>3</sup>, относительно постоянно у одного и того же ребенка и неодинаково у разных детей.

Следовательно, суточное количество слюны у младших школьников составляет: пищевой — 200 см<sup>3</sup>, промежуточной — 600 см<sup>3</sup>, всего 800 см<sup>3</sup>.

Подчелюстные и подъязычные железы первыми реагируют на введение пищевых и отвергаемых веществ и выделяют наибольшее количество слюны на отвергаемые вещества. Они выделяют больше слюны, чем околоушные.

С возрастом количество слюны постепенно увеличивается. Оно резко повышается с 9 до 12 месяцев и с 9 до 11 лет.

Состав слюны (количество фермента, переваривающего углеводы — птиалина) зависит от химического состава пищи. На пищевые вещества выделяется слюна, содержащая больше птиалина, чем на отвергаемые вещества. В слюне околоушных желез больше фермента, чем в подчелюстных и подъязычных.

У детей слюнные железы экскретируют азот. С возрастом количество азота в слюне возрастает, особенно в периоде полового созревания к 12—15 годам. В слюне околоушных желез азота значительно больше, чем в подчелюстных и подъязычных.

Безусловные слюнные рефлексы уменьшаются после насыщения, что обусловлено понижением возбудимости пищевого центра. Летом, в жаркие дни, условнорефлекторная секреция слюны обычно резко уменьшается.

Солнечные ванны почти не изменяют величины безусловных слюнных рефлексов благодаря хорошему приспособлению организма детей к водному обмену.

Жажда при введении больших количеств соленой пищи резко понижает секрецию слюнных желез. Жажда при ограничении поступления в организм воды не отражается на количестве слюноотделения. Введение большого количества воды не влияет на секрецию.

**Особенности пищеварения в желудке и кишечнике.** В желудочном соке новорожденного ребенка содержится мало соляной кислоты, хлоридов и пепсина. У новорожденных детей отсутствует синтез соляной кислоты.

В желудке у грудных детей происходит интенсивное всасывание, постепенно уменьшающееся с возрастом, но хорошо



выраженное еще у 10-летних детей. У ребенка всасываются не только аминокислоты, но и полипептиды.

Секреция желудочного сока и его кислотность нарастают с возрастом ребенка. Вследствие слабой кислотности в желудке грудного ребенка при действии пепсина переваривается только 20—30% белков, а большая часть белков переваривается в кишечнике. У грудных детей трипсин поджелудочного сока переваривает белки.

В желудочном соке имеется малоактивная липаза, а в поджелудочном и кишечном соках — активная.

Уже у новорожденного имеются в достаточном количестве ферменты, переваривающие углеводы. Введение в пищу нового вида углеводов способствует их нарастанию. У здорового грудного ребенка усваивается 100% углеводов.

**Особенности двигательной работы пищеварительного канала.** Для нормального хода пищеварения большое значение имеет жевание, которое осуществляется благодаря движениям нижней челюсти при рефлексорных сокращениях жевательных мышц. Механическая обработка пищи при жевании обеспечивает химическую обработку пищи в желудке и кишечнике. Отсутствие зубов приводит к недостаточной механической обработке пищи, что сопровождается нарушениями пищеварения. Поэтому пищу необходимо тщательно прожевывать и беречь зубы. Нужно ежедневно, не менее 2 раз, утром и вечером, чистить зубы щеткой с зубным порошком или пастой и обязательно прополаскивать рот кипяченой водой после каждой еды.

Для предупреждения порчи зубов нельзя есть очень холодную или слишком горячую пищу и раскусывать зубами твердые предметы.

В раннем детстве вследствие слабости мускулатуры пищеварительного канала наблюдается замедление в продвижении пищевых масс.

## 2. ИЗМЕНЕНИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ ПРИ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЕ

Физические упражнения малой интенсивности почти не изменяют процесс пищеварения. Физические упражнения большой интенсивности угнетают секреторную и двигательную работу пищеварительного канала вследствие возбуждения по механизму моторно-висцерального рефлекса симпатической нервной системы, а также усиленного поступления в кровь адреналина. Кровоснабжение пищеварительного канала также при этом рефлексорно уменьшается, благодаря оттоку крови от органов брюшной полости в скелетную мускулатуру. Уменьшившееся кровоснабжение пищеварительного канала в свою очередь способствует снижению его секреторной работы.



Рентгенологическими исследованиями установлено, что положение и форма желудка подвергаются изменениям даже при переходе человека из положения стоя в положение лежа, а особенно в позе стойки на кистях рук. Но это не только смещение в результате силы тяжести. И при отсутствии изменения позы при одном лишь напряжении руки изменяются тонус и перистальтическая активность желудка. Следовательно, это моторно-висцеральный рефлекс. Также обстоит дело и с рефлекторной регуляцией отделения желудочного сока (М. Р. Могенович).

При интенсивной мышечной работе широко используется раствор сахара, который быстро переходит из желудка в кишечник, где легко всасывается, восполняя углеводный запас, растроченный на выполнение мышечной работы.

Прием до физических упражнений пищи, длительно наполняющей желудок и задерживающейся в нем, затрудняет деятельность сердечно-сосудистой системы и дыхательного аппарата и снижает работоспособность.



## ХИ. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ И ПИТАНИЕ ДЕТЕЙ

### 1. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ

Обмен веществ у детей. Обмен веществ у детей выше, чем у взрослых. В процессе роста отмечаются периодические колебания, ускорения и замедления роста, в связи с которыми обмен веществ повышается и понижается, а также качественно изменяется.

Потребность в пищевых веществах, особенно в белке, тем выше, чем меньше возраст ребенка. Наиболее интенсивный обмен происходит у новорожденных, грудных детей и в периоде раннего детства. При установлении норм питания детей и подростков должны учитываться потребности нормально развивающегося организма.

Азотистый обмен у детей. Белок пищи используется растущим организмом ребенка главным образом как пластический материал, входящий в состав организма, обеспечивающий его рост, синтез гормонов, ферментов и других веществ, необходимых для его жизнедеятельности. Только небольшая часть белка используется как энергетический материал, распад которого освобождает находящуюся в нем потенциальную энергию, превращающуюся в другие виды энергии, используемые организмом. Поэтому необходимо регулярное питание ребенка полноценными белками в достаточном количестве.

Полноценными называются белки, в которых в достаточном количестве содержатся все аминокислоты, необходимые для синтеза белка организма ребенка и взрослого. Наиболее полноценными являются белки животного происхождения, содержащиеся в мясе, яйцах и молоке.

У детей имеется положительный азотистый баланс, т. е. количество белка, вошедшего в состав организма, больше количества белка, подвергшегося распаду.

Усвоение азота и его задержка в организме зависит от возраста ребенка и качества и количества поступившего с пищей

Особенно не  
тирофан, тирозин, л  
друга, например  
Повышение посту  
теза в организме. С  
выше 5—6 г на 1 кг  
дается.

Для нормального  
организм ребенка до  
оказывают на синтез  
вие, а углеводы нас

Конечные продук  
той. Новорожденные  
с мочой. Общее кол  
в первые 4—6 лет ж  
уменьшается. После  
снижается. Это резу  
белков (на 1 кг веса  
вие интенсивного ро

Потребность в бе  
нуждаются в белк  
При недостатке бел  
Однако избыток бел  
щелочно-кислотного  
лот — ацидоз). Для  
необходимы полно  
белках с возрастом  
снижается.

Потребность дете  
4 лет — 3—3,5 г, с 4  
риде полового соз  
повышено.

Таким образом,  
дети с 1—4 лет до  
4—7 лет — около 70

Жировой обмен  
ребенка как исто  
материал. Они  
как необходимы д

обеспечивая врожде  
в состав витаминов

Кроме того, жи  
бенка от поврежде  
формирования кала  
пользованных орган  
В раннем детстве  
всасывается около



белка. Особенно необходимы детям аминокислоты: лизин, триптофан, тирозин, цистин. Некоторые аминокислоты заменяют друг друга, например фенилаланин заменяет тирозин.

Повышение поступления белка ведет к увеличению его синтеза в организме. Однако если давать детям старше 4 лет свыше 5—6 г на 1 кг веса, то увеличение синтеза белка прекращается.

Для нормального синтеза белков необходимо поступление в организм ребенка достаточного количества воды и солей. Жиры оказывают на синтез белков незначительное угнетающее действие, а углеводы наоборот, увеличивают синтез белков.

Конечные продукты белкового распада выделяются с мочой. Новорожденные в первые дни жизни выделяют много азота с мочой. Общее количество азота в моче резко увеличивается в первые 4—6 лет жизни, но процентное его содержание в моче уменьшается. После 6 лет количество азота в моче постепенно снижается. Это результат относительно большого потребления белков (на 1 кг веса) и задержки белка в организме вследствие интенсивного роста.

**Потребность в белках у детей.** Дети для обеспечения роста нуждаются в белковом оптимуме, а не в минимуме. При недостатке белков нарушается переваривание углеводов. Однако избыток белка вреден, так как он вызывает нарушение щелочно-кислотного равновесия (повышение содержания кислот — ацидоз). Для построения белков детям всех возрастов необходимы полноценные белки. Абсолютная потребность в белках с возрастом увеличивается, а относительная несколько снижается.

Потребность детей в белках на 1 кг веса в сутки: с 1—4 лет — 3—3,5 г, с 4—7 лет — 2,5 г, с 7 лет — около 2 г. В периоде полового созревания количество белков должно быть повышено.

Таким образом, в зависимости от возраста и веса, дети с 1—4 лет должны получать 30—50 г белка в сутки, с 4—7 лет — около 70 г, с 7 лет — 75—80 г.

**Жировой обмен у детей.** Жиры используются организмом ребенка как источник энергии и как пластический материал. Они имеют важнейшее защитное значение, так как необходимы для образования антител, или противотел, обеспечивая врожденный и приобретенный иммунитет, и входят в состав витаминов.

Кроме того, жиры защищают пищеварительный канал ребенка от повреждения его грубой пищей и необходимы для формирования кала. С калом выводится около 5—10% не использованных организмом остатков жира.

В раннем детстве и у младших школьников в кишечнике всасывается около 95—97% пищевых жиров.



Количество жира в крови у детей во время пищеварения больше, чем у взрослых. Количество липидов в крови новорожденных наименьшее. Оно быстро увеличивается, а затем медленно нарастает и между 3—11 годами достигает нормы взрослых (около 0,7%).

Жир и жироподобные вещества — липиды (фосфолипиды и стероиды) должны быть обязательной составной частью пищи ребенка, несмотря на то что жир образуется из углеводов и частично белков. Фосфолипиды входят в состав нервной системы. Из них образуется ацетилхолин — основной передатчик (медиатор) нервного процесса. Из стероидов образуются гормоны коркового слоя надпочечника, половые гормоны и витамин D.

Ребенок от 6 месяцев до 4 лет должен получать 3,5—4 г жиров на 1 кг веса, или 30—40% калорий. Дошкольники и школьники должны получать 2—2,5 г жиров на 1 кг веса, что равно 25—30% калорий в сутки. Избыток жиров вреден, так как он вызывает сдвиг реакции крови в сторону повышения содержания кислот (ацидоз).

Необходимо обеспечить не только количество, но и качество жиров, даваемых ребенку. В составе полноценных пищевых жиров должны быть витамины и липиды.

**Углеводный обмен у детей.** Углеводы прекрасно усваиваются организмом детей (на 98—99%).

Натощак у грудных детей содержится в крови 0,07—0,09% сахара, у более старших — 0,08—0,1% и от 12—14 лет — 0,09—0,12%, т. е. количество, равное его содержанию у взрослых.

Прием углеводов с пищей может вызвать у детей увеличение содержания сахара в крови в 2 раза. Но, в отличие от взрослых, организм ребенка выносливее к углеводам. Эта выносливость зависит от возраста (чем моложе ребенок, тем меньше выражена у него пищевая гипергликемия), характера питания, состояния пищеварения и т. д.

Гликолиз (бескислородное расщепление сахара на молочную кислоту) является характерным для растущих тканей. Он происходит у детей значительно интенсивнее, чем у взрослых.

Содержание молочной кислоты в крови детей колеблется в зависимости от возраста.

В кишечнике детей большая часть углеводов подвергается при участии ферментов расщеплению, а часть — брожению.

У школьников 50—60% всех калорий освобождается при расщеплении углеводов, а количество потребляемых углеводов колеблется от 8—9 до 12—15 г на 1 кг веса в сутки.

**Минеральный обмен у детей.** Организм детей в процессе роста особенно задерживает ионы натрия, калия, кальция, фосфора, хлора, серы, находящиеся в смешанной пище живот-



ного и растительного происхождения и в поваренной соли. Количество минеральных веществ, усвоенных ребенком, зависит не только от потребностей организма, но и от количества их в пище. Общее количество минеральных веществ в организме составляет около 4,5% веса тела. Они обеспечивают нормальное осуществление всех функций организма.

Баланс минеральных веществ зависит от возраста. Особенное значение для роста скелета и нервной системы имеют кальций и фосфор. 97% кальция входит в состав костей, и только 3% находится в тканях и крови, поддерживая тонус нервной системы, участвуя в поддержании постоянства осмотического давления, щелочно-кислотного равновесия, свертывании крови, всасывании.

Потребность в кальции повышена в первый год жизни и в периоде полового созревания. У школьников суточная потребность кальция доходит до 1 г в сутки. Количество кальция в крови возрастает летом благодаря облучению ультрафиолетовыми лучами солнца.

Для растущего организма очень велико также значение фосфора, который входит в состав костей, участвует в ферментативных процессах, секреции желез, деятельности нервной системы, обеспечивает постоянство активной реакции крови. Суточная потребность школьников в фосфоре — 1,5—4,0 г. У школьников задерживается в организме 30—35% фосфора, поступающего с пищей.

Железо необходимо для кроветворения, так как оно входит составной частью в гемоглобин крови и участвует в окислительных процессах. Источником железа для школьников являются растительная пища, мясо и яичный желток. Натрий необходим для дыхания (газообмена), пищеварения, деятельности нервной системы. Он поступает в составе пищи и с поваренной солью. Суточная потребность школьников в железе — 15—30 мг, натрия — до 4—5 г, калия — до 2—3 г.

Для растущего организма особенно большое значение имеет соотношение ионов натрия, калия, кальция и др., которое меняется в различном возрасте. Поваренная соль должна даваться детям в количестве не менее 0,05 г на 1 кг веса.

Кроме кальция, фосфора, железа, натрия и др., которые нужны в сравнительно больших количествах и поэтому называются макроэлементами, детям нужны еще ничтожные количества (тысячные доли грамма) марганца, кобальта, меди, цинка, брома, йода, серы и др., которые называются микроэлементами.

Физиологическое значение микроэлементов очень велико. Они необходимы для синтеза гормонов, ферментов, осуществления важнейших функций организма — обмена веществ, кроветворения, дыхания и др.



Марганец необходим для роста костей, кобальт — для кроветворения, медь — для кроветворения и внутритканевого дыхания, цинк, сера — для синтеза гормона поджелудочной железы, бром — для синтеза гормона нижнего мозгового придатка (гипофиза), йод — для синтеза гормона щитовидной железы.

**Водный обмен у детей.** Потребность в воде у растущего организма очень велика. Рост ребенка зависит от достаточного количества воды в организме, которое обеспечивает интенсивный обмен веществ. В связывании воды и ее отдаче большая роль принадлежит белкам.

У детей вода очень легко перераспределяется между кровью и тканями. Суточная потребность в воде: у годовалого ребенка —  $800 \text{ см}^3$ , у детей 2—4 лет —  $950 \text{ см}^3$ , 5—6 лет —  $1200 \text{ см}^3$ , 7—10 лет —  $1350 \text{ см}^3$ , 11—14 лет —  $1500 \text{ см}^3$ . Существуют индивидуальные колебания. У мальчиков потребность в воде больше, чем у девочек. Всасывание воды в кишечнике у детей происходит значительно быстрее, чем у взрослых.

Недостаток воды вызывает у детей резкие нарушения промежуточного обмена. Избыток или недостаток воды вызывает болезненные ощущения, сопровождающиеся у некоторых детей плачем.

**Потребность детей в витаминах.** Витамины должны содержаться в пище детей в достаточном количестве.

**В и т а м и н А.** Витамин роста. Усиливает окислительные процессы, кроветворение. Необходим для нормального зрения и иммунитета. Суточная доза — 2 мг, а при тяжелой физической работе — 3 мг. Содержится в рыбьем жире, печени, почках, желтке яиц, молоке, сливочном масле, в красной моркови, томате, шпинате, абрикосах, зеленых частях растений.

**В и т а м и н D.** Противорахитический. Суточная доза — 15—25 микрограмм (мкг). Содержится в печени рыб, рыбьем жире, молоке, сливочном масле, желтке яиц, в сухих пивных дрожжах.

**В и т а м и н F.** Необходим для роста, полезен при малокровии. Суточная норма не установлена. Содержится в зеленых частях растений, особенно в листьях кочанного салата, плодах шиповника.

**В и т а м и н E.** Необходим для развития мышечной ткани и ее функции в раннем детском возрасте. Содержится в тех же продуктах, что и витамин F. Много в бычьем и свином мясе. При перерождениях мышц применяется в виде ацетата токоферола в дозе 3 мг — 1—2 раза в сутки.

**В и т а м и н K.** Необходим для свертывания крови. Суточная норма не установлена. Содержится в свежей капусте, моркови, незрелом томате, сосновых и еловых иглах, в печени свиньи. Синтетический препарат — викасол, применяется при кровотечениях (до 2 мг в сутки).

В и т а м и н B<sub>1</sub>. П  
тельности нервной с  
недостаток его вызы  
и расстройства  
в пивных дро  
точках, вареной вет  
ная доза: детям до 7  
14 лет — 3 мг. При т  
увеличена до 20 мг.

В и т а м и н B<sub>2</sub>. Ф  
деятельности нервно  
в пекарских и пивны  
ни, сердце, мозге. С

В и т а м и н B<sub>3</sub>.  
тех же продуктах, ч

В и т а м и н B<sub>6</sub>. I  
Содержится в свеж

дрожжах, бобах, рисо

Ф о л и е в а я к  
цветной капусте. С

кроветворения.

В и т а м и н B<sub>12</sub>  
кроветворение. Суто

В и т а м и н H. I  
кожи. Содержится

желтке. Биотин в с  
щихся в яйце, — а

ная доза — 150—30

В и т а м и н B<sub>x</sub>  
веществ, в работе

10—12 мг. Содерж

мясе, молоке.

В и т а м и н PР  
лагру (поражения

локе, печени, сем

доза — 15—25 мг.

В и т а м и н C.  
петрушке, томатах

повнике, апельсин

хвое ели, сосны,  
Суточная доза: до

50 мг, старше 14  
150 мг.

В и т а м и н Р  
ная потребность —

ном перце.



**В и т а м и н В<sub>1</sub>.** Противоневротический. Необходим для деятельности нервной системы и регуляции углеводного обмена. Недостаток его вызывает тяжелые заболевания нервной системы и расстройства движений. Содержится в больших количествах в пивных дрожжах, лесных орехах, артишоках, свиных почках, вареной ветчине, печени, мозге, яичном желтке. Суточная доза: детям до 7 лет — 1 мг, от 7 до 14 лет — 1,5 мг, старше 14 лет — 3 мг. При тяжелой работе суточная доза может быть увеличена до 20 мг.

**В и т а м и н В<sub>2</sub>.** Фактор роста. Рибофлавин. Необходим для деятельности нервной системы и кроветворения. Содержится в пекарских и пивных дрожжах, куриных яйцах, молоке, печени, сердце, мозге. Суточная доза — 2—3 мг.

**В и т а м и н ы В<sub>3</sub>, В<sub>4</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>7</sub>.** Факторы роста. Содержатся в тех же продуктах, что и В<sub>1</sub>.

**В и т а м и н В<sub>6</sub>.** Необходим для нормального обмена кожи. Содержится в свежем рыбьем жире, печени, почках, мышцах, дрожжах, бобах, рисовых отрубях, сардинах. В сутки — 1,5 мг.

**Фолиевая кислота.** Содержится в печени, мышцах, цветной капусте. Суточная доза — 1—2 мг. Необходима для кроветворения.

**В и т а м и н В<sub>12</sub>.** Содержится в печени животных. Улучшает кроветворение. Суточная доза — 0,005 мг.

**В и т а м и н Н.** Биотин. Необходим для нормального обмена кожи. Содержится в дрожжах, томате, печени, почках, яичном желтке. Биотин в соединении с одним из альбуминов, содержащихся в яйце, — авидоном — образует лизоцим. Суточная доза — 150—300 мкг.

**В и т а м и н В<sub>x</sub>** (пантотеновая кислота). Участвует в обмене веществ, в работе нервной системы. Суточная потребность — 10—12 мг. Содержится в капусте, картофеле, моркови, луке, мясе, молоке.

**В и т а м и н РР.** Никотиновая кислота. Предупреждает пеллагру (поражения кожи, понос, слабоумие). Содержится в молоке, печени, семге, зеленых овощах, помидорах. Суточная доза — 15—25 мг, детям — 15 мг.

**В и т а м и н С.** Противосцинготный. Содержится в капусте, петрушке, томатах, брюкке, зеленом луке, зеленом горохе, шиповнике, апельсине, лимоне, мандарине, яблоке антоновке, в хвое ели, сосны, в землянике, молоке, печени, почках, мозге. Суточная доза: детям до 7 лет — 30—35 мг, от 7 до 14 лет — 50 мг, старше 14 лет — 50 мг, при физическом труде — 100—150 мг.

**В и т а м и н Р** (цитрин). Второй противосцинготный. Суточная потребность — 50—150 мг. Содержится в лимоне и красном перце.



Суточная потребность в некоторых витаминах представлена в таблице 12.

Таблица 12

Суточная потребность человека в витаминах  
(Институт питания Академии медицинских наук СССР)

	Витамины						
	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C	PP	D	
	(в мг)						
	И. Е.	А	каротин	тиамин	рибофлавин	аскорбиновая кислота	никотиновая кислота
1. Взрослый человек							
а) при средней затрате труда . . . .	3300	1	2	2	2	50	15
б) при тяжелом труде . . . . .	3300	1	2	2,5	2	75	20
в) при очень тяжелом труде . . . . .	3300	1	2	3	2	100	25
2. Беременные (5—8 месяцев) . . . . .	6600	2	4	2,5	2	75	20
3. Кормящие (до 7 месяцев) . . . . .	8300	2,5	5	3	2	100	25
4. Дети							
а) до 7 лет . . . . .	3300	1	2	1	2	30—35	15
б) от 7 до 14 лет . . . . .	3300	1	2	1,5	2	50	15
в) свыше 14 лет . . . . .	3300	1	2	2	2	50	15

Пояснение к таблице.

Потребность человека в витамине А выражена в таблице тремя способами: 1) в интернациональных единицах (И.Е.), 2) в миллиграммах витамина А и 3) в миллиграммах каротина.

1 мг витамина А соответствует 3300 И.Е., а 1 мг каротина (β-каротина) — 1660 И.Е.

Одна интернациональная единица витамина D соответствует 0,000025 мг химически чистого витамина D.

Одна интернациональная единица для А-витаминной активности соответствует активности 0,0006 мг каротина (β-каротина) или 0,0003 мг витамина А.

Витамин А до уровня 1,5 мг (или соответственно 3 мг каротина) около 5000 И.Е. может быть доставлен потребителю в виде пищевых средств. Дополнительное снабжение сверх 5000 И.Е. должно быть осуществлено путем дачи соответствующих препаратов (каротина или витамина А).

Применение препаратов витаминов D и PP должно производиться по назначению врача.

Основной обмен и энергия у

Основной обмен при температуре 20—22°С.

Обмен веществ (в логарифмах) или в кислороде освобо

К кал

Рис

Потребление увеличивается. У рода увеличивается оно резко возрастание потребности затем оно уменьшается у детей 1 кг веса у детей вес тела нарастает порою, особенно основной обмен жизни, а начиная у мальчиков, с созревания, с созревания половых чиков (с 14—16 (рис. 56).



## 2. ОСНОВНОЙ И ОБЩИЙ ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ У ДЕТЕЙ

**Основной обмен.** Основным обменом называется наименьший уровень обмена веществ, необходимый для поддержания жизни, при полном отсутствии мышечной и умственной работы, не менее чем через 12—14 часов после приема пищи, при нормальной температуре тела и температуре среды около 20—22° С.

Обмен веществ определяется в килокалориях (больших калориях) или в килоджоулях (кдж). При потреблении 1 дм<sup>3</sup> кислорода освобождается примерно 5 ккал, или 21 кдж.

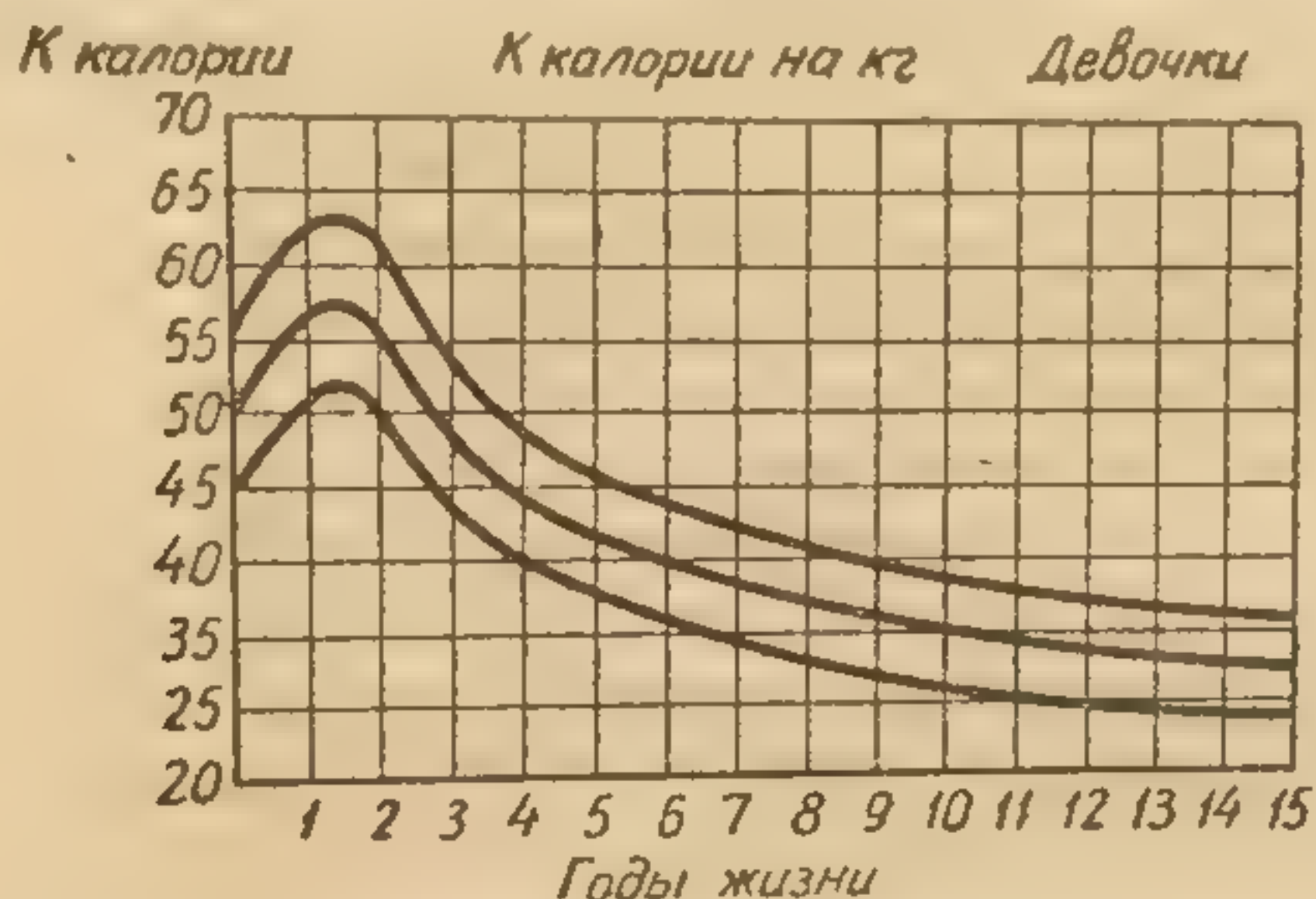


Рис. 56. Основной обмен у девочек (в килокалориях на 1 кг веса тела).

Потребление кислорода при основном обмене с возрастом увеличивается. У мальчиков от 8 до 13 лет потребление кислорода увеличивается незначительно, а в 14—15 и 16—18 лет оно резко возрастает. У девочек равномерное значительное увеличение потребления кислорода происходит до 14—15 лет, а затем оно уменьшается. Увеличение потребления кислорода на 1 кг веса у детей обоего пола снижается, так как с возрастом вес тела нарастает быстрее, чем увеличение потребления кислорода, особенно в старшем возрасте. У мальчиков и девочек основной обмен одинаков только в течение первого полугодия жизни, а начиная со второго полугодия до 12—13 лет он выше у мальчиков, чем у девочек. С 12—13 лет до полового созревания основной обмен выше у девочек, а затем, после полового созревания, снова выше у мальчиков (табл. 13). В периоде полового созревания основной обмен увеличивается и у мальчиков (с 14—16 лет) и у девочек (с 12—14 лет) на 10—20% (рис. 56).



Таблица 13

Возрастные изменения основного обмена у мальчиков и девочек  
в связи с весом и ростом

Вес тела в кг	Основной обмен за сутки на 1 кг веса в ккал		Рост в см	Основной обмен за сутки на 1 кг веса в ккал	
	мальчики	девочки		мальчики	девочки
3	50,0	50,0	51	50,0	50,0
5	54,0	55,0	59	53,2	53,8
10	54,5	54,0	76	52,4	55,7
15	48,3	46,0	90	51,5	47,1
20	43,0	40,2	115	43,5	40,6
30	37,0	34,8	136	37,0	33,6

Примечание: 1 ккал равняется 4,18 кдж.

У хорошо тренированных основной обмен незначительно увеличивается.

**Общий обмен.** Обмен веществ в обычных условиях существования и деятельности организма называется общим обменом. Общий, или рабочий, обмен в течение дня намного выше основного обмена. Большая часть повышения расхода энергии является результатом мышечной работы, меньшая — пищеварения.

Во время мышечной работы в среднем 20% химической энергии переходит в кинетическую энергию, а 80% — в тепловую. Отношение энергии, затраченной на мышечную работу, ко всей энергии, произведенной во время работы, называется коэффициентом полезного действия. Этот коэффициент колеблется от 16 до 25%. При тренировке коэффициент полезного действия увеличивается до 25—30% и даже до 35%.

На мышечную работу расходуются калории сверх основного обмена. Они обозначаются как «моторные» калории. «Моторных» калорий тем больше, чем интенсивнее физический труд. В среднем взрослый человек должен получать в сутки 1200—1300 ккал сверх основного обмена.

Расход энергии у студентов-физкультурников в среднем — 4000 ккал в сутки. Расход энергии при спокойном лежании без сна у человека среднего возраста, роста и веса равен на 1 кг веса 1,1 ккал в 1 час, при спокойном сидении — 1,4, при чтении вслух — 1,5, стоянии без напряжения — 1,5, пении — 1,75. Во время различных физических упражнений расход энергии у человека значительно увеличивается (табл. 14). Эти изменения расхода энергии имеют значение для пищевого режима при физическом воспитании школьников.



Таблица 14

Название спортивных занятий	Расход энергии в ккал за 1 минуту
Ходьба спокойная . . . . .	2,3—3,3
» средней скоростью 100 шагов в минуту . . . . .	4,8
» быстрая (140 шагов в минуту) 8—10 км в час . . . . .	10,8
Бег (спокойный и средний) . . . . .	6,4—16
Плавание . . . . .	3,8—10,2
Гребля . . . . .	5,3—10,0
Бег на лыжах (по ровному месту) . . . . .	6,4—16,0
Катание на коньках . . . . .	5,0—10,0
Езда на велосипеде 9—21 км в час . . . . .	3,0—9,0

У человека расход энергии при умственном труде выше, чем в покое, на 2—3%, а если умственный труд сопровождается мышечной деятельностью при эмоциях (лектор, оратор, артист и т. д.), то расход энергии увеличивается на 10—20%. Суточный расход энергии зависит от характера профессии, определяющего нормы потребления пищевых веществ (табл. 15 и 16), что должно учитываться при организации питания молодежи юношеского возраста во время трудового обучения.

Таблица 15

**Распределение профессий по группам калорийности**  
(Институт питания Академии медицинских наук СССР)

Группа I Калорийность 3000 ккал	Группа II Калорийность 3500 ккал	Группа III Калорийность 4000 ккал	Группа IV Калорийность 4500—5000 ккал
Профессии, связанные с умственной, или сидячей, работой	Профессии механизированного труда	Профессии частично механизированного труда	Профессии тяжелого механизированного труда

Таблица 16

**Средние физиологические нормы потребности в белках, жирах, углеводах и ккал для этих групп профессий (в сутки в г)**

	Группы				В среднем на одно лицо
	I	II	III	IV	
Белки . . . . .	109	122	141	163	105
В том числе животные . . . . .	67	72	82	94	64
Жиры . . . . .	106	116	134	153	99
В том числе животные . . . . .	91	95	108	121	84
Углеводы . . . . .	433	491	558	631	415
Килокалории в единицах в сутки . . . . .	3208	3592	4112	4678	3053
В том числе за счет животных продуктов . . . . .	1211	1287	1449	1641	1144



Теплорегуляция у детей. В течение первых 2—3 недель жизни у детей отсутствует относительное постоянство температуры тела и при температуре среды в  $15^{\circ}\text{C}$  возникает опасность охлаждения, так как теплорегуляция еще недоразвита, особенно у недоношенных детей. Даже продолжительный крик вызывает у ребенка повышение температуры. Чрезмерное укутывание ребенка ведет к перегреванию.

Нормальная температура тела устанавливается у детей в зависимости от достаточного и правильного питания.

Организм детей в раннем детстве и младшем школьном возрасте менее приспособлен к борьбе с охлаждением, чем организм взрослых. Избыток тепла отдается главным образом испарением пота. При испарении с кожи  $1\text{ дм}^3$  пота организм теряет 580 ккал.

Физические упражнения значительно, в 4—5 раз, повышают теплопродукцию, например ходьба увеличивает ее в 2 раза, бег — в 4—5 раз. Летом при проведении соревнований, если влажность воздуха приближается к 90—100%, при длительной интенсивной мышечной работе, вследствие того что теплопродукция превышает теплоотдачу, температура тела может повыситься более чем до  $39^{\circ}\text{C}$  и может наступить тепловой удар.

Наступление теплового удара можно предупредить. С этой целью надевают одежду из тканей с большой воздухопроницаемостью, голову защищают от действия солнечных лучей, при высокой температуре окружающей среды не производят продолжительную интенсивную мышечную работу. Тепловой удар у детей может наступить при сельскохозяйственном труде в солнечные дни, особенно на юге, так как в этих условиях температура кожи может возрасти до  $35^{\circ}\text{C}$  и выше, а температура тела — до  $39^{\circ}\text{C}$ .

Температура кожи у детей различна на разных ее участках. Самая высокая температура отмечается в области печени и щитовидной железы. На ногах и руках температура кожи постепенно снижается к стопам и кистям, на внутренней стороне она больше, чем на внешней. На правой половине тела температура кожи незначительно выше, чем на левой. В периоде полового созревания, в 12—14 лет, температура кожи выше, чем в других возрастах.

У школьников 13—18 лет сразу после начала интенсивной мышечной работы температура кожи понижается на  $1^{\circ}\text{C}$ . Это связано с сужением сосудов кожи во время мышечной работы. Через несколько минут после окончания работы, наоборот, кожная температура повышается на несколько градусов ( $1-2^{\circ}\text{C}$ ). Это повышение температуры обусловлено расширением сосудов кожи вследствие теплорегуляции — увеличенной теплоотдачи в результате повышенной теплопродукции.

У физически раз-  
вита температура  
у детей высокая  
развитых детей  
регуляции значитель-  
температуры тела  
навыком наступают  
вого навыка, а у  
нения.

### 3. НОРМЫ И РЕЖИМ

Рациональное пи-  
нормального физиче-  
должно отвечать по-  
сте и не только по-  
тельности, но и об-  
жиров, углеводов,  
статочный для роста

В пищевом раци-  
даться определенно

Дети от 1 до 3  
ка и 25% раститель-  
и 35% растительн-  
растительного, в с-  
го и 70% растите-  
Дети в среднем  
лорий в сутки: за-  
дов 53—55%.

Соотношение б-  
возраста — 1:1,2:  
стов — 1:1,1:6.

Количество по-  
0,05 г на 1 кг вес-  
пищевых продук-  
Детям до 1,5  
одного в день, от-  
более одного яйца  
одному яйцу еже-

Количество м-  
600—700 см<sup>3</sup> в с-  
а старше 3 лет —

Мясо с 1 до 1  
3—4 раза в неде-  
неделю, до 4 лет  
риода полового  
мяса в сутки и 5  
Баранину вследо-



У физически развитых детей 7—15 лет даже при повышении температуры тела во время физической работы наблюдается высокая производительность труда. У физически недостаточно развитых детей того же возраста такие же изменения теплорегуляции значительно снижают работоспособность. Изменения температуры тела у хорошо овладевших производственным навыком наступают, как правило, в начале выполнения трудового навыка, а у недостаточно владеющих — в конце выполнения.

### 3. НОРМЫ И РЕЖИМ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТОВ

Рациональное питание имеет исключительное значение для нормального физического и умственного развития детей. Оно должно отвечать потребностям организма в различном возрасте и не только покрывать затраты на поддержание жизнедеятельности, но и обеспечивать избыток полноценных белков, жиров, углеводов, минеральных солей, воды и витаминов, достаточный для роста и развития.

В пищевом рационе детей разных возрастов должно соблюдаться определенное соотношение белков, жиров и углеводов.

Дети от 1 до 3 лет должны получать 75% животного белка и 25% растительного белка, от 3 до 5 лет — 65% животного и 35% растительного, старше 5 лет — 50% животного и 50% растительного, в старшем школьном возрасте — 30% животного и 70% растительного.

Дети в среднем должны получать из общего количества калорий в сутки: за счет белка 13—15%, жира 30—32%, углеводов 53—55%.

Соотношение белков, жиров и углеводов: у детей раннего возраста — 1 : 1,2 : 4, у детей дошкольного и школьного возрастов — 1 : 1,1 : 6.

Количество поваренной соли должно равняться примерно 0,05 г на 1 кг веса ребенка в сутки (не считая соли в составе пищевых продуктов). Избыток яиц нарушает обмен веществ.

Детям до 1,5 лет следует давать только желтки, не более одного в день, от 1,5 до 3 лет можно давать целые яйца, не более одного яйца через день, после 3 лет можно давать по одному яйцу ежедневно.

Количество молока не должно превышать от 1 до 1,5 лет 600—700 см<sup>3</sup> в сутки, от 1,5 до 3 лет — 500—600 см<sup>3</sup> в сутки, а старше 3 лет — 500 см<sup>3</sup> в сутки.

Мясо с 1 до 1,5 лет следует давать не более чем по 30—40 г 3—4 раза в неделю, от 1,5 до 3 лет — по 40—50 г 4—5 раз в неделю, до 4 лет — не более 50—60 г 4—5 раз в неделю. В период полового созревания можно давать детям 100—150 г мяса в сутки и 5—6 раз в месяц вводить вегетарианские дни. Баранину вследствие ее жирности лучше не давать детям до



2,5—3 лет. Не следует злоупотреблять супами. Детям от 1 до 1,5 лет супы давать не более 3—4 раз в неделю, а старше — 1 раз в день, в количестве не более 200—300 см<sup>3</sup>.

Ветчину, колбасы, сыры (неострые), селедку, икру можно начать давать в небольшом количестве только после 1,5 лет.

Шоколад и какао вследствие их возбуждающего действия на нервную систему можно давать только старшим детям. Разнообразие пищи способствует образованию всех ферментов пищеварительного канала и выработке пищеварительных соков. Например, при мясном режиме вырабатываются белковые ферменты, при углеводном — ферменты расщепляющие углеводы.

Пища детей должна содержать достаточное количество клетчатки и давать отбросные продукты, чтобы обеспечивать двигательную работу пищеварительного канала.

Большое значение для нормального роста и развития организма имеет также правильный режим питания. Правильный пищевой режим имеет для детей еще большее значение, чем для взрослых.

С целью избежать как недокорма, так и перекорма необходимо давать детям определенное количество пищи, распределяемой на определенное число кормлений.

Из 4 кормлений в день после 1,5 лет ребенок не менее двух раз в день должен получать горячую пищу.

У школьников при питании 4 раза в день из примерного суточного рациона должно приходиться на утренний завтрак — 25—30%, на обед — 45—50%, на полдник — 10—15% и на ужин — 15—20%.

В школе-интернате учащиеся получают питание 4 раза в день с общей калорийностью 2500—3000 ккал, или 10 450—12 540 кдж энергии.

Кроме того, при питании детей должно учитываться соотношение пищевых продуктов и находящихся в них пищевых веществ.

Потребность детей в белке летом возрастает на 15—20% вследствие повышения температуры и большей подвижности. Овощи, зелень и фрукты особенно полезны в детском возрасте, так как в них содержится много минеральных веществ и витаминов и они не вызывают гниения и брожения в кишечнике.

Суточный рацион физически слабых детей увеличивается на 25—30% (табл. 17, 18).

#### 4. РЕГУЛЯЦИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ТЕПЛООБРАЗОВАНИЯ И ЕЕ ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

**Трофическая функция нервной системы.** По мнению И. П. Павлова, каждый орган находится под тройным контролем нервной системы.

Белки . . . . .  
В том числе животного происхождения . . . . .  
Жиры . . . . .  
В том числе животного происхождения . . . . .  
Углеводы . . . . .  
Килокалории в единице . . . . .  
В том числе за единицу . . . . .  
продуктов . . . . .

Физиологические  
(Институт питания)

Наименование

Хлеб ржаной . . . . .  
Хлеб пшеничный . . . . .  
Мука пшеничная . . . . .  
Макаронные изделия . . . . .  
Крупа и бобовые . . . . .  
Мука картофельная . . . . .  
Картофель . . . . .  
Овощи . . . . .  
Бахчевые . . . . .  
Фрукты и ягоды . . . . .  
Сухофрукты . . . . .  
Сахар . . . . .  
Мед . . . . .  
Масло растительное . . . . .  
Чай . . . . .  
Какао . . . . .  
Кофе (смесь) . . . . .  
Мясопродукты . . . . .  
Рыбопродукты . . . . .  
Молоко . . . . .  
Масло сливочное . . . . .  
Масло топленое . . . . .  
Творог . . . . .  
Сметана . . . . .  
Сыр . . . . .  
Яйца . . . . .

\* Желток.



Таблица 17

Физиологические нормы потребности в белках, жирах, углеводах  
и ккал для детей и подростков  
(Институт питания Академии медицинских наук СССР) (в сутки в г)

	Группы детей					
	от 6 м. до 1 г.	от 1 г. до 3 л.	от 3 л. до 7 л.	от 7 л. до 11 л.	от 11 л. до 15 л.	от 15 л. до 18 л.
Белки . . . . .	25	48	68	78	98	119
В том числе животные . . . . .	21	39	48	50	56	72
Жиры . . . . .	25	51	65	81	86	99
В том числе животные . . . . .	25	50	61	72	75	84
Углеводы . . . . .	109	157	241	297	242	471
Килокалории в единицах . . . . .	782	1315	1871	2291	2940	3340
В том числе за счет животных продуктов . . . . .	396	727	855	966	1031	1181

Таблица 18

Физиологические нормы продуктов питания по возрастным группам  
(Институт питания Академии медицинских наук СССР) (в сутки в г)

Наименование продуктов	Группы детей					
	от 6 м. до 1 г.	от 1 г. до 3 л.	от 3 л. до 7 л.	от 7 л. до 11 л.	от 11 л. до 15 л.	от 15 л. до 18 л.
Хлеб ржаной . . . . .	—	10	50	50	100	135
Хлеб пшеничный . . . . .	12,5	40	100	150	250	315
Мука пшеничная . . . . .	1	5	15	20	25	25
Макаронные изделия . . . . .	—	5	5	10	20	10
Крупа и бобовые . . . . .	15	20	30	40	50	40
Мука картофельная . . . . .	4	4	5	5	5	5
Картофель . . . . .	50	100	200	250	325	325
Овощи . . . . .	100	140	200	275	325	325
Бахчевые . . . . .	—	—	50	50	100	100
Фрукты и ягоды свежие . . . . .	160	200	200	250	250	250
Сухофрукты . . . . .	—	—	—	—	10	10
Сахар . . . . .	45	50	60	60	80	100
Мед . . . . .	—	—	—	5	10	5
Масло растительное и маргарин . . . . .	—	—	2	5	5	10
Чай . . . . .	—	0,1	0,3	0,3	0,3	0,8
Какао . . . . .	—	0,5	1	1	1	0,5
Кофе (смесь) . . . . .	—	1	3	3	3	3,5
Мясопродукты . . . . .	10	60	80	80	120	200
Рыбопродукты . . . . .	—	—	40	50	50	50
Молоко . . . . .	500	600	500	500	500	500
Масло сливочное . . . . .	5	20	28	35	30	25
Масло топленое . . . . .	—	—	—	—	5	5
Творог . . . . .	15	30	30	35	25	30
Сметана . . . . .	—	10	15	15	15	20
Сыр . . . . .	—	5	10	10	10	20
Яйца . . . . .	4*	25	50	50	50	50

\* Желток.



Во-первых, нервная система вызывает и прекращает деятельность органов (сокращение мускула, секреция железы и т. д.). Это пусковая, или эффекторная, функция нервной системы.

Во-вторых, нервная система регулирует кровоснабжение каждого органа, т. е. грубую доставку питательного химического материала и отвод остаточных продуктов обмена веществ в виде большего или меньшего притока к нему крови.

В-третьих, нервная система осуществляет функцию питания органа, определяя «в интересах организма как целого точный размер окончательной утилизации этого материала каждым органом». Это корригирующая, или трофическая, функция нервной системы.

Пусковое рефлекторное действие с рецепторов внутренних органов на скелетную мускулатуру, состоящее в том, что раздражение рецепторов внутренних органов вызывает сокращения скелетных мышц, с возрастом все более заменяется трофическими влияниями на эти мышцы. Наоборот, с возрастом сокращения скелетных мышц благодаря раздражению проприоцепторов рефлекторно все более подчиняют, приспособляют к мышечной работе деятельность внутренних органов. Также усиливается влияние на работу внутренних органов раздражений внешних рецепторов. Таким образом, с возрастом работа внутренних органов все больше подчиняется воздействиям внешнего мира на внешние анализаторы и импульсам с рецепторов двигательного аппарата, т. е. кинестетическому анализатору. В результате онтогенеза у взрослого человека проприоцепция доминирует над интероцепцией.

Трофическая функция осуществляется всеми центробежными нервами (двигательными, секреторными, сосудодвигательными), так как каждый из этих нервов выполняет свою функцию только благодаря изменению обмена веществ в иннервируемом органе.

**Регуляция обмена веществ.** Регуляция обмена веществ совершается нервной системой двумя путями: а) рефлекторно, притоком центробежных импульсов к органам и тканям и б) посредством гормонов, которые поступают в кровь, тоже благодаря импульсам, приходящим из нервной системы в железы внутренней секреции.

Особенно большое участие в регуляции обмена веществ принимают нижний мозговой придаток (гипофиз), щитовидная железа, поджелудочная железа (внутрисекреторные ее отделы) и надпочечники. Поступление в кровь гормонов этих желез вызывает значительные изменения белкового, жирового, углеводного, минерального и водного обмена.

Так как обмен веществ определяет функции и строение всего организма и отдельных органов и тканей, то нервная система, как ведущий орган, обуславливает уровень деятельности и строение всех других органов и тканей.



Путем направленных воздействий на нервную систему изменением условий жизни и состава пищи может быть изменена как природа организма в целом, так и природа отдельных органов. Повышение обмена веществ данного органа, вызванное посредством нервной системы, повышает его работоспособность, а понижение обмена веществ понижает ее. Таким образом, нервная система, регулируя уровень обмена веществ в организме и отдельном органе, определяет уровень его деятельности в соответствии с изменяющимися и развивающимися условиями существования.

Обмен веществ и энергии регулируется высшими центрами вегетативной нервной системы, расположенными в больших полушариях и в промежуточном мозге. Из этих центров центробежные нервные импульсы направляются к мышцам по симпатическим нервам, а к печени и другим внутренним органам — по симпатическим и парасимпатическим.

Высшие центры, регулирующие обмен веществ и энергии, находятся в больших полушариях головного мозга. Наблюдения, произведенные на людях, показали, что при повреждении или заболевании определенных участков коры больших полушарий наступает нарушение обмена веществ.

Существует также условнорефлекторная регуляция обмена веществ и температуры тела. Она доказана изменениями обмена веществ и терморегуляции у людей при психических воздействиях и расстройствах психики (В. М. Бехтерев) и при гипнотических внушениях в условиях полного покоя и отсутствия мышечной работы.

Различные условнорефлекторные раздражители, и особенно слова как условные раздражители, связанные с мышечной работой, вызывают у людей увеличение потребления кислорода до 100—150% и увеличение легочной вентиляции в 2 раза по сравнению с состоянием мышечного покоя. Так как одно только увеличение легочной вентиляции в 2 раза сопровождается увеличением потребления кислорода только на 20—30%, то, следовательно, условнорефлекторные раздражители повышают потребление кислорода, вызывая у людей во время отсутствия мышечной работы увеличение обмена веществ в тканях, вероятно в мышцах. Таково же и влияние некоторых эмоций.

Предстартовое состояние, возникающее за много часов и даже суток до начала физических упражнений, а также стартовое состояние, возникающее с момента попадания в рабочую или спортивную обстановку, характеризуются сдвигом обмена веществ, увеличением потребления кислорода и выделения углекислого газа, повышением температуры тела и изменением других функций организма. Эти состояния вызываются условнорефлекторным путем, в результате действия всей обстановки спортивных соревнований или тренировки, а также словесной команды.



### ХIII. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИИ КОЖИ

**Функции кожи.** Кожа выполняет многообразные функции, из которых основными, кроме восприятия различных внешних раздражений, являются: 1) защита от механических повреждений, от вредного действия химических веществ, электричества, лучистой энергии, от проникновения микробов; 2) экскреторная функция (потоотделение); 3) секреторная функция (отделение кожного сала); 4) участие в теплорегуляции; 5) участие в регулировании распределения крови и воды. В коже образуются некоторые витамины (витамин D).

Производственная работа и физические упражнения изменяют функции кожи (увеличивают кровообращение, потоотделение).

Вода не всасывается кожей, но некоторые газы, растворенные в воде, как, например, сероводород, могут проходить через эпидермис (верхний эпителиальный слой кожи). Всасывание солей, растворенных в воде, происходит в минимальных количествах. Вещества, растворяющие липиды, например спирт, эфир, йод, всасываются кожей.

Разнообразные раздражители могут вызвать нарушения целостности кожи. Последствия повреждения кожи также могут быть весьма разнообразными.

Микробы, проникшие через кожу, могут вызвать заражение всего организма и тяжелое заболевание, в отдельных случаях приводящее к смерти.

Последствия ожогов, вызываемых действием высокой температуры или химических веществ, могут быть различными в зависимости от степени, площади и глубины разрушения тела. Обширные ожоги тела, занимающие у взрослых больше  $\frac{1}{3}$ , а у детей иногда даже  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$  поверхности кожи, тяжело переносятся организмом и опасны для жизни.

Отморожения, вызываемые действием низкой температуры, также могут быть различной интенсивности в зависимости от степени, площади и глубины.



Целость кожи детей, особенно новорожденных и грудных, вследствие ее недоразвития особенно легко нарушается. Результаты нарушения целостности кожи свидетельствуют о ее важном физиологическом значении.

**Особенности потоотделения у детей.** Потовые железы появляются у детей на 4—5-м месяце утробной жизни. В подмышечных впадинах они начинают развиваться позднее, чем в других участках кожи. Развитие большинства желез заканчивается до рождения. Однако после рождения потоотделение при повышении температуры внешней среды возникает только на 2—18-й день, в среднем на 3—5-й день. Психическое потоотделение при комнатной температуре, вызываемое раздражениями высших органов чувств, появляется позднее, на 33—87-й день. Эта разница в сроках возникновения термического и психического потоотделения обусловлена тем, что первое регулируется раньше созревающей гипоталамической областью, а второе — большими полушариями.

Дети потеют быстрее взрослых. Потеря тепла при испарении пота у детей больше, чем у взрослых, так как у них больше поверхность кожи на 1 кг веса тела. Поэтому во время потоотделения у них больше падает температура тела, чем у взрослых. Потоотделение в подмышечных впадинах при повышении температуры наступает у детей примерно с 7 лет, а при умственном напряжении оно начинается в среднем школьном возрасте, постепенно увеличиваясь с возрастом. Переход от детского к взрослому типу потоотделения происходит примерно к 14—16 годам.

Незаметное потоотделение совершается непрерывно, при этом пот испаряется с поверхности кожи сразу после выделения. Когда пота образуется много, он скапливается на поверхности кожи в виде капель (заметное потоотделение).

У детей до 4 месяцев заметное потоотделение выражено слабо, а незаметное потоотделение, наоборот, в первые месяцы выражено больше, но с увеличением роста и веса ребенка оно уменьшается. С возрастом на некоторых участках тела потоотделение увеличивается.

При повышении температуры окружающей среды потоотделение у детей до 1 года недостаточно для отдачи тепла испарением. Поэтому у них увеличивается в таких условиях температура тела. Только с 2—3 лет теплоотдача при перегревании становится достаточной вследствие значительного потоотделения. При охлаждении кожи пиломоторный рефлекс («гусиная кожа») появляется только после 1,5 лет, и он становится заметным с 2 лет. Эти явления обусловлены недостаточным развитием гипоталамической области, регулирующей механизмы



поддержания постоянства температуры, теплоотдачу потоотделением и пиломоторный рефлекс.

Потоотделение вызывается рефлекторно и регулируется нервной системой по секреторным симпатическим нервам. Оно усиливается при эмоциях.

**Функции сальных желез у детей.** У человека в сутки выделяется около 20 г кожного сала. Оно смягчает кожу и смазывает волосы. Выделение кожного сала увеличивается при питании, содержащем много углеводов, и в жаркое время года. Состав кожного сала изменяется в зависимости от местоположения сальных желез.

Функция сальных желез регулируется по симпатическим нервам.

**Защитные свойства кожи.** Разнообразные раздражения кожи и нарушения целостности кожи возбуждают расположенные в ней нервные окончания, изменяют их функциональное состояние и вызывают приток центrostремительных импульсов в нервную систему, который обуславливает рефлекторное изменение защитных свойств кожи благодаря регуляции ее обмена веществ (трофическое влияние нервной системы). Коллагеновые волокна кожи определяют ее механическую прочность. Вода, находящаяся в коже в количестве около 3 дм<sup>3</sup>, уменьшает сопротивление кожи деформации. Так как количество воды в коже изменяется в процессе обмена веществ, то сопротивление кожи давлению и ее прочность на разрыв падают при ее набухании и воспалении. Уменьшение содержания воды в коже, наоборот, повышает ее механическую прочность. У детей в коже сравнительно больше воды, поэтому ее сопротивление деформации меньше, чем у взрослых.

В коже детей, преимущественно в ростковом слое эпидермиса, имеется пигмент. Кожный пигмент предохраняет организм от чрезмерно интенсивного, могущего стать вредным действия солнечных и искусственных ультрафиолетовых лучей. Пигмент распределен в коже неравномерно. Пигментация кожи данного органа связана с физиологическим состоянием этого органа и всего организма; например, пигментация увеличивается, когда организм подвергается действию ультрафиолетовых лучей солнца. Пигментация уменьшается благодаря поглощению пигмента фагоцитами. Кожный пигмент называется меланином и образуется из аминокислоты — тирозина. Пигмент образуется также при распаде адреналина. Избыток витамина С задерживает образование пигмента.

Пигментация кожи является показателем хорошего функционирования защитных систем организма против вредных влияний. Пигмент поглощает некоторые лучи солнечного спектра, но не подлежит сомнению факт, что пигментированная кожа



поглощает больше солнечных лучей, чем непигментированная. Поэтому нельзя считать, что пигмент препятствует проникновению всех солнечных лучей.

**Самостерилизация кожи.** С функцией кожных желез связана самостерилизация кожи. Установлено, что микробы, нанесенные на кожу человека, постепенно исчезают. Проникновению микробов препятствует сухой, плотный роговой слой. Микробы могут проникать только в отверстия волосяных сумок и в выводные протоки потовых и сальных желез, но ток пота и кожного сала вымывает их наружу. Микробы удаляются также благодаря непрерывному шелушению кожи.

В коже образуется **лизоцим** — белковое вещество, антибиотик животного происхождения. Лизоцим благодаря своему ферментативному действию обладает способностью разрушать некоторые микробы. Чистая кожа хорошо выделяет лизоцим и поэтому производит во много раз лучше обеззараживание микробов, чем немытая кожа. К 11—14 годам у детей защитная функция кожи больше, чем у взрослых.

**Роль кожи в терморегуляции у детей.** Кожа, особенно на открытых местах тела, не имеет своей постоянной температуры. Местная кожная температура изменяется в широких пределах.

Кожа играет основную роль в поддержании относительного постоянства температуры тела. Терморегуляция осуществляется рефлекторно, раздражением рецепторов кожи колебаниями температуры внешней среды.

У детей и подростков поверхность кожи на 1 кг веса тела значительно больше, чем у взрослых. Чем моложе ребенок, тем относительно больше у него поверхность кожи. У новорожденного на 1 кг веса  $700 \text{ см}^2$  кожи, у ребенка 1 года —  $530 \text{ см}^2$ , 6 лет —  $450 \text{ см}^2$ , 10 лет —  $425 \text{ см}^2$ , у подростка 15 лет —  $380 \text{ см}^2$ , у взрослого человека —  $220 \text{ см}^2$ . Так как чем больше поверхность кожи, тем больше теплоотдача, то у детей потребность в образовании тепла больше, чем у взрослых. Кроме того, у детей надкожица тоньше, капилляров в коже сравнительно больше и поэтому теплотери больше и, следовательно, тело охлаждается быстрее, чем у взрослых.

При мышечной работе резко возрастает отдача тепла испарением (у человека главным образом потоотделением), доходя до 90% всего суточного теплообразования. Например, у школьников 13—18 лет бег на короткие дистанции (100 м) вызывал через 30—60 секунд после финиша понижение температуры кожи на всех участках (до  $1^\circ \text{C}$ ), а через 2—3 минуты после финиша — повышение на всех участках на  $1\text{—}2^\circ \text{C}$ . После бега на большие дистанции (800—1500 м) наблюдается только увеличение температуры кожи при первом и втором измерениях на всех участках. Очевидно, понижение температуры кожи



обусловлено сужением ее кровеносных сосудов, а повышение — их расширением.

Бег и велогонки вызывают у школьников повышение температуры в подмышечной впадине, особенно велогонки (до  $39^{\circ}\text{C}$ ).

Плавание вызывало у школьников резкое падение температуры кожи на всех участках. При плавании вольным стилем температура кожи больше падает, чем при плавании стилем баттерфляй.

Теплоотдача теплоизлучением и теплопроводением находится в зависимости от разности температур кожи и окружающей среды. Чем выше температура кожи, тем больше теплоотдача указанными путями. А температура кожи зависит от притока к ней крови. При повышении температуры окружающей среды артериолы и капилляры кожи расширяются, кожа краснеет, количество протекающей через нее крови увеличивается, температура кожи повышается и теплоотдача теплоиспусканием и теплопроводением возрастает.

Когда температура кожи сравнивается с температурой окружающей среды, теплоотдача прекращается. При дальнейшем повышении температуры окружающей среды кожа не только не теряет тепло, но сама нагревается. В этом случае теплоотдача теплоизлучением и теплопроводением отсутствует и сохраняется только теплоотдача испарением.

Наоборот, на холоде артериолы и капилляры кожи суживаются, кожа становится бледной, количество протекающей через нее крови уменьшается, температура кожи понижается, разница температур кожи и окружающей среды сглаживается и теплоотдача уменьшается. Дети 11—14 лет лучше переносят холод, чем взрослые, так как кровоснабжение кожи у них относительно больше. Большим препятствием для отдачи тепла является одежда, в которой сохраняется воздух, обладающий плохой теплопроводностью.

Большое значение для увеличения теплоотдачи теплоизлучением, теплопроводением и испарением имеет движение воздуха. Увеличение скорости движения воздуха увеличивает теплоотдачу. На сквозняке и на ветру резко увеличиваются потери тепла. Но если окружающий воздух имеет высокую температуру и насыщен водяными парами, то движение воздуха не производит охлаждения.

#### IV. ВОЗРАСТНОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ

Развитие почечной функции во многом функционально связано со сравнением с окружающей средой. Существует способность резко уменьшать от взрослого, сорбцией. До 6—7 лет выводится лишь незначительное количество тканей тела. К 9—12-м годам почечная функция значительно увеличивается.

От рождения до 3 лет выведение мочи составляет от 3 до 5 лет 9—10 лет по сравнению с взрослым. Выведение мочи увеличивается от 3 лет, в 5—6 лет у детей происходит увеличение количества мочи до 13 лет — 1,0—1,5 дм<sup>3</sup>, а в 14 лет — 1,5—2,0 дм<sup>3</sup>.

Состав мочи отражает особенности обмена веществ. У детей моча содержит значительно больше продуктов обмена веществ, чем у взрослых.

У детей моча содержит значительно больше продуктов обмена веществ, чем у взрослых.

У детей моча содержит значительно больше продуктов обмена веществ, чем у взрослых.

У детей моча содержит значительно больше продуктов обмена веществ, чем у взрослых.

У детей моча содержит значительно больше продуктов обмена веществ, чем у взрослых.



#### XIV. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

**Развитие почек.** Почки детей в возрасте 6—7 месяцев сохраняют во многом черты эмбриональной почки и являются функционально недостаточными, они выделяют гипотоническую по сравнению с плазмой крови мочу. У новорожденных отсутствует способность к активной экскреции чужеродных веществ. резко уменьшена способность концентрации мочи. В отличие от взрослого, диурез определяется фильтрацией, а не реабсорбцией. До 6—7-месячного возраста выведение хлоридов почками незначительно. Хлористый натрий, введенный в избытке, выводится лишь частично, так как большая его часть удерживается тканями одновременно с водой, что увеличивает вес тела. К 9—12-му месяцу жизни детей функциональная способность почек значительно повышается. Это выражается в увеличении размера реабсорбции и повышении концентрации мочи. Выведение хлоридов также увеличивается.

От рождения до 3 лет происходит усиленный рост почки. от 3 до 5 лет формируется корковое вещество почки, у детей 9—10 лет по своему строению корковое вещество почки не отличается от почки взрослого человека. Рост мозгового вещества почки происходит неравномерно, он отстает от роста коркового вещества. Рост его происходит главным образом до 3 лет, в 5—6 лет и в 9—12 лет. Таким образом, к 12 годам у детей происходит окончательное формирование почки.

**Количество и состав мочи у детей.** Суточное количество мочи увеличивается с возрастом: от 5 до 6 лет — 1 дм<sup>3</sup>, от 12 до 13 лет — 1,9 дм<sup>3</sup>, у взрослых мужчин доходит в среднем до 1,0—1,5 дм<sup>3</sup>, а у женщин — 0,9—1,2 дм<sup>3</sup>. Эти колебания отражают интенсивность обмена веществ.

Состав мочи детей отличается от состава мочи взрослых и отражает особенности их обмена веществ. Особый интерес представляют следующие различия в содержании остаточных продуктов обмена белков.

У детей младшего школьного возраста в моче содержится значительно больше креатина, чем креатинина. В 11—12 лет в моче меньше креатина, чем креатинина.



В 14—15 лет, после полового созревания, содержание креатина в моче незначительно, а у некоторых детей его нет.

В 17—18 лет выделение креатина с мочой прекращается, а содержание креатинина в моче в 1,5 раза больше, чем у детей 7—8 лет.

Креатин в соединении с фосфатом содержится главным образом в скелетных мышцах. Он является важной составной частью обмена веществ при мышечной работе. При расщеплении фосфокреатина образуется креатинин как конечный продукт. Количество креатинина в моче пропорционально степени развития скелетной мускулатуры. Поэтому увеличение содержания креатинина в моче у детей с возрастом отражает рост скелетных мышц и мышечной работы.

Выделение с мочой аллантина — конечного продукта пуринового обмена, образующегося при окислении мочевой кислоты, с возрастом увеличивается. В старшем школьном возрасте и у взрослых его содержание в моче больше, чем в младшем школьном возрасте. Наоборот, выделение в составе мочи мочевой кислоты с возрастом уменьшается.

Детям и подросткам противопоказана физическая работа большой тяжести, при которой в моче появляется белок.

При физических упражнениях количество и состав мочи изменяются. Экспериментально доказана в этом отношении роль моторно-висцеральных рефлексов, регулирующих деятельность почек.

**Мочеиспускание у детей.** Мочеиспускание у детей школьного возраста является произвольным актом, оно производится в определенных условиях и в более или менее определенное время. В основе обучения мочеиспусканию лежит образование условного рефлекса на удерживание опорожнения мочевого пузыря до наличия определенных условий для мочеиспускания.

Ребенку трудно дается образование условного рефлекса удерживания мочеиспускания. К концу 1-го года жизни у ребенка обычно вырабатывается условнорефлекторная задержка мочеиспускания. Этот условный рефлекс приблизительно к 2-м годам становится настолько прочным, что проявляется и во время сна.

При нарушениях развития строения центральной нервной системы или ее функций наблюдается запоздалое и неполное развитие условнорефлекторной регуляции мочеиспускания. Оно проявляется в том, что у некоторых детей дошкольного и школьного возрастов удержание мочи происходит только днем, а ночью во время сна имеется недержание. Недержание мочи наблюдается также у взрослых людей с поражением центральной нервной системы.

**Изменения мочеотделения при мышечной работе.** Мышечная работа большой интенсивности вызывает уменьшение количест-

из мочи в состоянии  
активной задержки  
актов обмена ве  
также в моче об  
до 2—4 мг%, а м  
Одновременно  
высокой температу  
внешней среды и  
после мышечной  
рения воды с по  
ния при выполн  
вызвать потерю  
После оконча  
например бега  
появляется белок  
до 230 мг%.



ва мочи вследствие уменьшения кровоснабжения почек и рефлекторной задержки мочеотделения. Концентрация в моче продуктов обмена белков и молочной кислоты увеличивается. Нередко в моче обнаруживается белок, его содержание доходит до 2—4 мг%, а молочной кислоты — до 200 мг%.

Одновременно увеличивается потоотделение, особенно при высокой температуре внешней среды. При низкой температуре внешней среды и небольшом потоотделении мочеобразование после мышечной работы увеличивается. Потоотделение и испарение воды с поверхности легких во время усиленного дыхания при выполнении интенсивной мышечной работы может вызвать потерю в весе за 15—30 минут до 1 кг.

После окончания работы субмаксимальной интенсивности, например бега на 400, 800, 1000 и 1500 м, нередко в моче появляется белок, а содержание молочной кислоты доходит до 230 мг%.



## XV. ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИЙ ЖЕЛЕЗ ВНУТРЕННЕЙ СЕКРЕЦИИ

**Влияние желез внутренней секреции на формирование организма.** Динамика роста и развития и возрастные особенности организма находятся в тесной зависимости от особенностей и недостатка или избытка тех или иных гормонов.

В нормальном умственном и физическом развитии ребенка функция желез внутренней секреции играет важную роль. В гормонах организм имеет специфических возбудителей роста и развития, аналогичных витаминам.

Гормоны влияют на формирование организма уже на ранних стадиях утробного развития. Установлено, что у эмбрионов осуществляют внутрисекреторную функцию щитовидная, половые железы и гонадотропные гормоны гипофиза.

Функция и строение желез внутренней секреции изменяется с возрастом. Одни железы особенно интенсивно функционируют в детском, а другие — в зрелом возрасте.

**Эпифиз.** Эпифиз, или верхний мозговой придаток, особенно интенсивно функционирует до 7 лет. После 7 лет эпифиз начинает атрофироваться. Предполагается, что эпифиз выделяет в кровь гормон, тормозящий секрецию половых желез. При разрушении железы или при заболеваниях ее в детском возрасте, вызывающих прекращение секреции, наступает раннее половое созревание. У мальчиков 8—10 лет появляются все половые признаки взрослых мужчин. После кастрации в детском возрасте эпифиз разрастается, что является доказательством того, что и половые железы в свою очередь влияют на развитие эпифиза. Гормон эпифиза не выделен.

**Вилочковая железа.** Максимального уровня развития и деятельности вилочковая железа достигает к 13—15 годам (рис. 57). С началом полового созревания она начинает уменьшаться и атрофироваться. К 40 годам она имеет такой же вес, как у новорожденного. Вилочковая железа влияет на рост организма и обмен кальция, задерживая соли кальция в костной ткани. После ее удаления происходит сильный рост половых желез. Наоборот, в тех случаях, когда задерживается обратное

развитие системы  
головных желез. По-  
зрастные изменения  
мозга надпочечника  
у растущего организ-  
ма, вызывая увели-  
чение надпочечни-  
ков. Следовательно,  
влияние на разви-  
тие детей и функци-  
ю желез внутренней  
Гормон вилочковой  
выделен.

**Половые железы**  
железы оказывают  
ное влияние на об-  
онии определяют ро-  
тие организма дете-  
половых желез об-  
разование вторич-  
признаков, или о-  
строения и функци-  
отличающихся. пр-  
одного пола от д-  
няя кастрация вы-  
развитие первич-  
признаков, или  
внутренних полов-  
также отсутстви-  
половых признаков  
и девочки, кастр-  
детстве, представ-  
ный тип. У них  
резкие нарушения  
которая отличае-  
мальной слабости  
Мужские и же-  
менно и влияют на  
гормона образуют  
девочек. В 6-лет-  
гормона, обнару-  
тельно одинаково  
2 раза больше му-  
жчин в 2—15 р-  
Образование с-  
ков начинается с  
первая менструа-  
ция



развитие вилочковой железы, происходит задержка развития половых желез. После кастрации в раннем детском возрасте возрастные изменения вилочковой железы не наступают. Гормоны надпочечника вызывают нормальное уменьшение железы у растущего организма, а гормоны щитовидной железы, наоборот, вызывают увеличение железы. После удаления вилочковой железы надпочечники и щитовидная железа гипертрофируются. Следовательно, вилочковая железа оказывает значительное влияние на развитие организма детей и функцию других желез внутренней секреции. Гормон вилочковой железы не выделен.

**Половые железы.** Половые железы оказывают существенное влияние на обмен веществ, они определяют рост и развитие организма детей. Гормоны половых желез обуславливают развитие вторичных половых признаков, или особенностей, строения и функций организма, отличающих представителей одного пола от другого. Ранняя кастрация вызывает недоразвитие первичных половых признаков, или наружных и внутренних половых органов, а также отсутствие вторичных половых признаков. Мальчики и девочки, кастрированные в детстве, представляют бесполой тип. У них отмечаются резкие нарушения психики, которая отличается от нормальной слабостью воли и апатией.

Мужские и женские половые гормоны образуются одновременно и влияют друг на друга. Небольшие количества мужского гормона образуются в детском возрасте и у мальчиков и у девочек. В 6-летнем возрасте количество мужского полового гормона, обнаруживаемого в моче у обоих полов, приблизительно одинаково. К 12 годам у мальчиков образуется в 1,5—2 раза больше мужского гормона, чем у девочек, а у взрослых мужчин в 2—15 раз больше, чем у взрослых женщин.

Образование сперматозоидов в половых железах у мальчиков начинается около 15 лет. Возраст, в котором появляется первая менструация, зависит от условий жизни и труда (у жи-

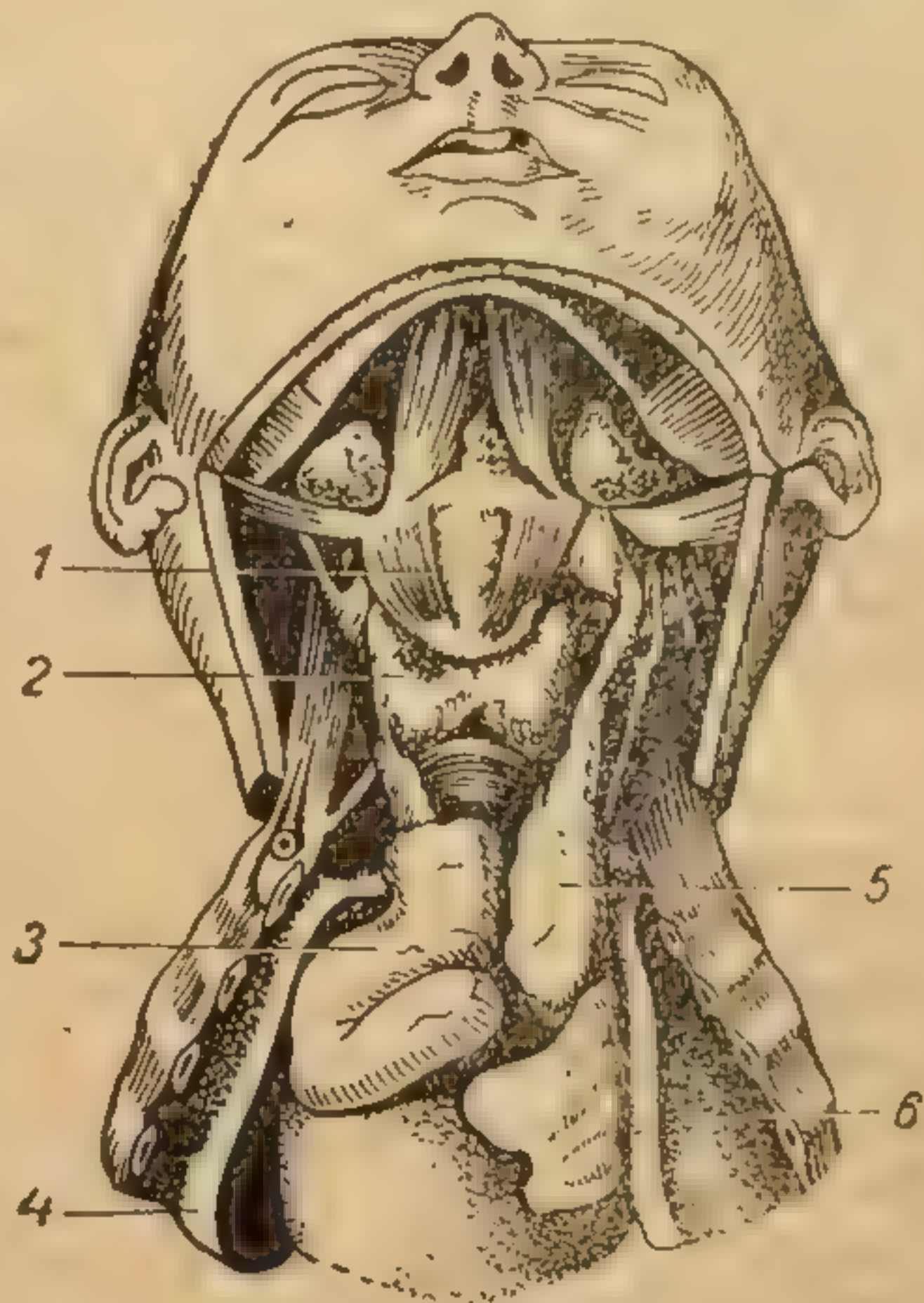


Рис. 57. Вилочковая, или зобная, железа ребенка:

- 1 — гортань; 2 — щитовидная железа;  
3 — правая доля вилочковой железы;  
4 — правое легкое; 5 — левая доля вилочковой железы; 6 — левое легкое.



тельниц деревни позднее, чем у горожанок), питания (у питающихся преимущественно мясной пищей наступает раньше), от климата (на юге раньше, чем на севере), от национальности, индивидуальных особенностей. У русских женщин средний возраст начала менструаций на севере 16,5 лет, в средней полосе — около 16 лет и на юге — около 15 лет.

Ионизирующее облучение, образующееся при взрыве термоядерных бомб, в достаточных дозах угнетает функцию половых желез и при больших дозах может привести к уменьшению деторождения, мертворождаемости или необратимому бесплодию, к рождению уродов, к задержке роста и развития детей.

**Надпочечники.** У новорожденных вес обоих надпочечников относительно велик, он равняется 6—8 г, в 1—2 года — 5 г, 3—5 лет — 5,5 г, 6—10 лет — 7 г, 11—15 лет — 8,5 г, 16—20 лет — 10 г, у взрослых — 14—15 г.

У новорожденных корковый слой преобладает над мозговым, с 8 лет рост мозгового слоя значительно увеличивается, у взрослых оба слоя приблизительно одинаковы, а у пожилых людей мозговой слой в 2 раза больше коркового. У стариков надпочечники атрофируются.

Надпочечники усиливают свою функцию к периоду полового созревания. Часть половых гормонов вырабатывается в коре надпочечников. Некоторые нарушения функции коры надпочечников вызывают изменения полового развития, вплоть до ложного развития признаков обоего пола. Гиперфункция коры надпочечников сопровождается преждевременным образованием половых гормонов, что вызывает раннее половое созревание. У мальчиков 4—6 лет описаны случаи появления бороды, полового влечения и развития половых органов, соответствующих взрослым мужчинам. Описаны также случаи наступления менструации у девочек 2 лет. При гиперфункции коры надпочечников иногда у взрослых женщин появляются вторичные мужские половые признаки, а у мужчин разрастаются грудные железы и атрофируются половые органы.

Ионизирующее облучение в достаточных дозах вызывает в течение 3 дней гипертрофию коры надпочечников, а затем ее атрофию, что приводит к смерти.

Гормоны коркового слоя — кортикостероиды регулируют белковый, углеводный и водно-солевой обмен, они участвуют в росте организма, в обмене веществ при мышечной деятельности, в регуляции состава форменных элементов крови (лейкоцитов).

Для физических упражнений и вызываемых ими эмоций, особенно в соревнованиях, исключительное значение имеет мозговое вещество надпочечников, в котором вырабатывается гормон **адреналин** — чрезвычайно активное вещество. При мышечной работе и эмоциях рефлекторно возбуждается симпа-



тическая нервная система, что вызывает резкое увеличение поступления в кровь адреналина. Адреналин действует почти на все функции организма так же, как и симпатическая нервная система. Он возбуждает симпатическую нервную систему. В малых дозах адреналин возбуждает умственную деятельность, а в больших дозах тормозит.

Возбуждение симпатической нервной системы может чрезвычайно увеличивать силу и выносливость скелетных мышц как за счет трофического влияния, так и за счет повышения кровяного давления и увеличения кровоснабжения. Так, например, описан случай, когда мальчик, спасаясь от дикого животного, перепрыгнул через высокую стену, через которую он впоследствии мог перепрыгнуть только достигнув зрелого возраста.

При чрезвычайных переживаниях во время спортивных выступлений у детей иногда может происходить также расслабление мускулатуры вследствие подавления рефлексов положения тела. При этих эмоциях, вследствие возбуждения симпатической нервной системы и усиления пластического тонуса, может происходить также оцепенение мускулатуры, реакция обмирания, застывание тела в определенной позе — каталепсия.

Возбуждение симпатической нервной системы сопровождается мобилизацией всех сил, запасов организма, всех «резервуаров энергии». Такие стимуляторы (допинги), как фенамин, возбуждающие симпатическую нервную систему и таким путем снимающие утомление и повышающие работоспособность организма, оказывают свое действие благодаря тому, что они задерживают разрушение в крови адреналина и адреналиноподобных веществ.

Применение допингов в спорте не рекомендуется взрослым, а тем более детям, так как оно приводит к падению воли и требовательности к себе и является искусственным, насильственным изменением функций, после которого необходима компенсация отдыхом и питанием.

**Щитовидная железа.** Значительное влияние на обмен веществ, рост, вес, физическое и умственное развитие детей оказывает щитовидная железа.

У новорожденного щитовидная железа весит в среднем 1 г, к концу 1 года — 1—2 г, к 2 годам — 3 г, с 5 до 7 лет ее вес быстро увеличивается с 6 до 10 г. У детей в периоде полового созревания вес железы возрастает и составляет у взрослых мужчин до 25 г, а у женщин до 30 г.

Щитовидная железа изменяет уровень своей деятельности в определенные периоды жизни. Она особенно активно функционирует в 5—7 лет, в 13—15 лет или в периоде полового созревания, а также у взрослого человека. К старости железа атрофируется, и ее функция снижается.



В щитовидной железе образуются два основных гормона: тироксин и трийодтиронин, который в 5—10 раз активнее тироксина, но образуется в 5—7 раз меньших количествах. Так как для образования гормонов щитовидной железы необходим тирозин, который является результатом преобразования фенилаланина, то задержка этого превращения вызывает у детей слабоумие (олигофрению).



Рис. 58. Девочка, больная микседемой:

1 — во время болезни; 2 — через полгода после начала лечения препаратами щитовидной железы; 3 — через 1 год 3 месяца после начала лечения.

Действие гормонов щитовидной железы на взрослый организм и на растущий организм является противоположным. У взрослых они вызывают потерю в весе, а у детей усиленный рост, прибавление в весе и ускорение формирования организма. Гипофункция щитовидной железы задерживает рост детей и иногда приводит их к слабоумию, а в тяжелых случаях к полному идиотизму (кретинизм); в других случаях у детей образуется отек кожи, выпадают зубы, волосы, поражаются органы чувств и нарушается психика (микседема) (рис. 58).

**Околощитовидные железы.** Околощитовидные железы регулируют развитие скелета. Гормон околощитовидных желез паратгормон или паратиреоидин поддерживает содержание кальция в крови на нормальном уровне, регулирует отложение кальция в костном веществе и способствует связыванию кальция белками и фосфатами. Гормон околощитовидных желез и витамин D действуют на обмен кальция в одном направлении, поддерживая его содержание в крови на постоянном уровне. Авитаминоз D часто сопровождается гипертрофией околощитовидных желез и их гиперфункцией.

**Гиперфункция околощитовидных желез** вызывает избыточное окостенение, повышение содержания кальция в крови, временное повышение возбудимости больших полушарий головного мозга, а затем торможение. Гипофункция околощитовидных желез сопровождается детской тетани-



ей — судорожными сокращениями мышц предплечья, глотки и дыхательных мышц, размягчением костей и другими трофическими расстройствами.

**Гипофиз.** Ведущей железой внутренней секреции является гипофиз, или нижний мозговой придаток. Он регулирует обмен веществ и образование гормонов во всех железах внутренней секреции. Гипофиз непосредственно иннервируется промежуточным мозгом, гипоталамической областью. Из надглазничного ядра промежуточного мозга по ножке гипофиза проходит

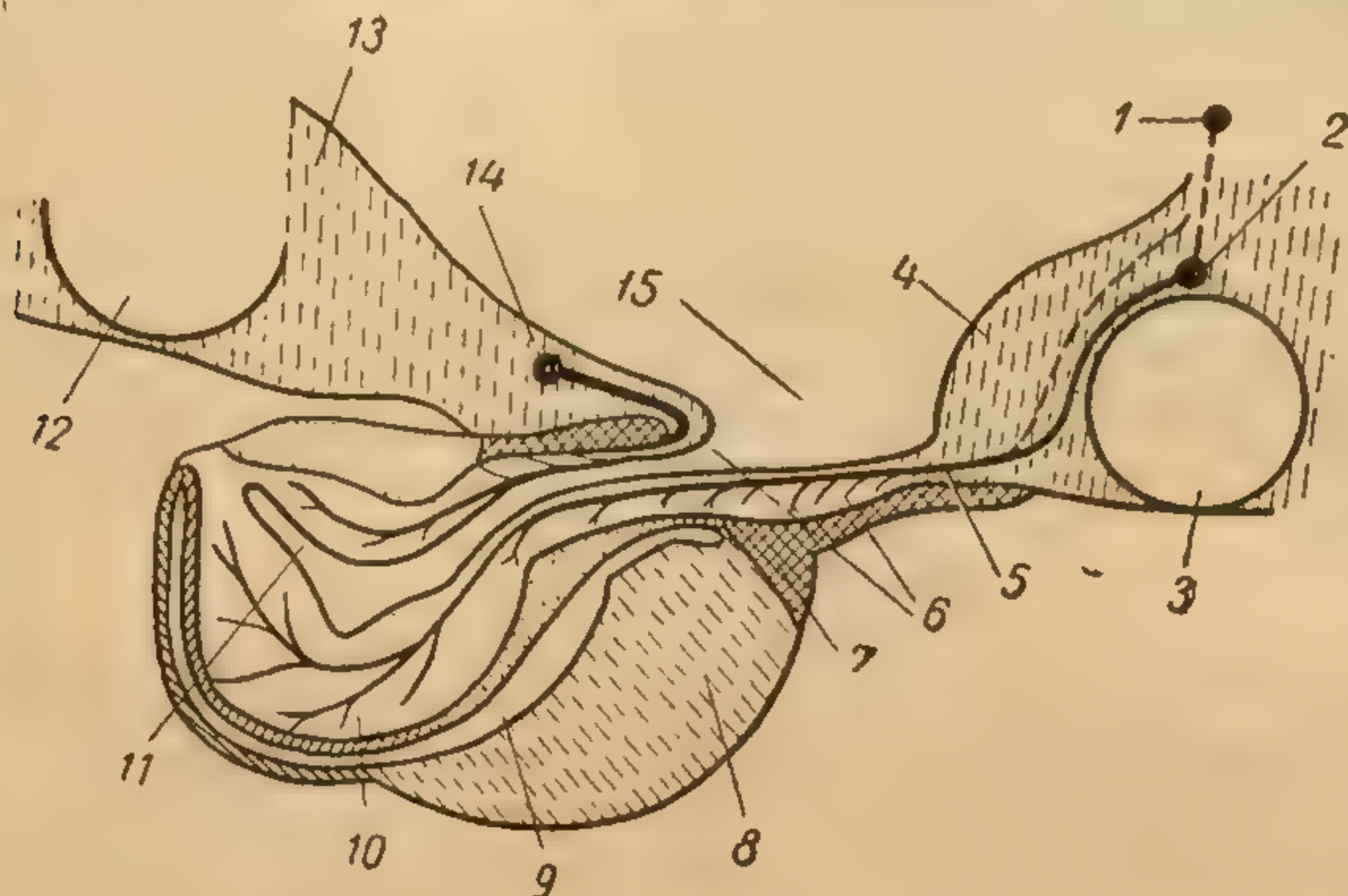


Рис. 59. Передне-задний срединный разрез через гипоталамическую область и гипофиз (по Рэнсону):

- 1 — нитевидное (околожелудочковое) ядро; 2 — надглазничное ядро; 3 — перекрест зрительных нервов; 4 — передняя гипоталамическая область; 5 — надглазнично-гипофизарный нервный путь; 6 — среднее (медиальное) возвышение серого бугра; 7 — бугровая часть; 8 — передняя (дистальная) часть; 9 — межуточная часть; 10 — нейрогофиз; 11 — центральная полость; 12 — мамиллярные (сосковидные) тела; 13 — задняя гипоталамическая область; 14 — бугрово-гипофизарный нервный путь; 15 — третий желудочек.

надглазнично-гипофизарный нервный путь, содержащий до 100 тысяч нервных волокон. Кроме того, центробежные нервные волокна поступают в гипофиз из серого бугра, из клеток дна 3-го желудочка и из сонного сплетения (рис. 59).

Гипофиз состоит из железистой ткани (аденогипофиз) и из нервной ткани (нейрогофиз). В железистой ткани различаются: бугровая, межуточная и передняя (дистальная) части. Большая часть гормонов образуется в передней части гипофиза. В нейрогофизе гормоны не образуются, а в нем депонируются гормоны, секретируемые в клетках нейроглии гипоталамической области («нейросекреция»).

Межуточная часть гипофиза больше развита у детей. У взрослого человека межуточная часть почти отсутствует.



Средний вес гипофиза взрослого мужчины от 0,55 до 0,8 г (из них передняя часть весит 70—80%, межуточная — 2—10% и нейрогипофиз — 15—20%). У женщин вес гипофиза несколько больше (в среднем 0,75 г), а к концу беременности доходит до 1,65 г. У новорожденного вес гипофиза 0,1—0,15 г, межуточная часть хорошо выражена, к 10 годам — 0,3 г, а в периоде полового созревания достигает веса гипофиза взрослого человека.

Гиперфункция передней части аденогипофиза в молодом возрасте, когда еще не закончилось окостенение длинных костей, приводит к гигантизму, к превышению среднего роста людей в 1,5 раза, с сохранением относительной пропорциональности частей тела. Гипофункция передней части аденогипофиза в раннем детском возрасте приводит к карликовому росту при нормальном умственном развитии и сохранении относительно правильных пропорций тела. Половые гормоны уменьшают действие гормона роста, вырабатываемого в передней части аденогипофиза. Гонадотропный гормон передней части аденогипофиза возбуждает развитие половых желез и увеличивает секрецию половых гормонов.

Гормоны гипофиза оказывают влияние на высшую нервную деятельность, в малых дозах повышают, а в больших дозах понижают.

Роль взаимной связи деятельности нервной системы и желез внутренней секреции в развитии и осуществлении всех функций организма. Деятельность желез внутренней секреции входит очень важной составной частью в систему нервно-гуморальных регуляций развития и осуществления всех функций организма. В подкорковых центрах вегетативной нервной системы — гипоталамической области, средних ядрах зрительных бугров и ретикулярной формации мозгового ствола — содержится большое количество гормонов и медиаторов (адреналина, норадреналина, ацетилхолина и др.). Особенное значение имеет гипоталамическая область, в которой образуются многие из гормонов гипофиза — ведущей железы внутренней секреции («нейросекреция»). Регуляция работы желез внутренней секреции производится большими полушариями головного мозга при решающем участии этих отделов нервной системы.

Рост и развитие организма детей и их работоспособность при умственном и физическом труде обеспечиваются нервно-гуморальными регуляциями, особенно в условиях повышенных требований жизни.

Таким образом, в осуществлении высшей и низшей нервной деятельности значительная роль принадлежит гормонам, медиаторам, продуктам обмена веществ, действующим подобно гормонам (серотонину, субстанции Р, гамма-аминомасляной кислоте и др.), ферментам и витаминам, которые образуются рефлекторно и определяют функции нервной системы.

## XVI. ЗАКАЛИВАНИЕ ВОЗДУХОМ

Естественное обоснование. Закаливание организма к различным условиям среды обитания.

Закаливание пространственным, дающим заболевание физического во-

Результат закаливания реакцией на окружающую среду.

Естественные да, а также ис- кожи. Аfferen- в мозговую час-

вызывается изм- ется в двигате-

нормализации действия на ре-

обмен веществ изменяется троф- регуляция обмен-

наступающих сд- чественно улучч- прежде всего в-

работоспособнос- существующим по- и развитие.

Таково физическое закаливание естественными, искусственными, Так как резул- средств закалива-



## XVI. ЗАКАЛИВАНИЕ СОЛНЦЕМ, ВОЗДУХОМ И ВОДОЙ

**Естественные факторы закаливания и их физиологическое обоснование.** Закаливание — повышение сопротивляемости организма к различным воздействиям окружающей среды, воспитание способности быстрого приспособления организма к изменениям среды без нарушения функций.

Закаливание человека является важнейшим, широко распространенным, оздоровительным мероприятием, предупреждающим заболевания детей и взрослых. Оно входит в систему физического воспитания и физической подготовки.

Результат закаливания в большинстве случаев связан с понижением реактивности кожи (десенсибилизацией) к воздействиям окружающей среды.

Естественные факторы закаливания — солнце, воздух и вода, а также искусственные факторы действуют на рецепторы кожи. Афферентные импульсы из рецепторов кожи притекают в мозговую часть кожного анализатора. Поэтому рефлекторно вызывается изменение функций головного мозга, что проявляется в двигательных и вегетативных рефлексах, тренировке и нормализации кровообращения, пищеварения и др. При воздействии на рецепторы кожи рефлекторно изменяется общий обмен веществ и, что особенно важно, при этом существенно изменяется трофическая функция нервной системы, т. е. тонкая регуляция обмена веществ в органах и тканях. Вследствие наступающих сдвигов трофической функции повышается и качественно улучшается обмен веществ во всем организме, и прежде всего в нервной системе. Это приводит к повышению работоспособности всего организма, а у детей, кроме того, к существенным положительным рефлекторным влияниям на рост и развитие.

Таково физиологическое обоснование пользования для закаливания естественными факторами внешней среды, а также искусственными, например облучением кварцевой лампой.

Так как результаты закаливания обусловлены воздействием средств закаливания через кожу на нервную систему, то мест-



ное применение средств закаливания рефлекторно повышает сопротивление и увеличивает десенсибилизацию всей поверхности кожи. Например, обнаружено, что закаливание кожи при действии ультрафиолетовых лучей наблюдается не только на участке, который подвергался повторным облучениям, но и на отдаленных участках кожи.

**Правила пользования естественными факторами закаливания.** Для закаливания детей используются главным образом воздействия солнца, воды и воздуха. Для этого применяется облучение кожи солнечными и искусственными ультрафиолетовыми лучами, принимаются в полуобнаженном и обнаженном виде воздушные ванны, водные процедуры — полные и частичные: обтирание, душ, купание.

При использовании средств закаливания необходимо соблюдать следующие условия: а) постепенно повышать интенсивность, продолжительность и непрерывность их действия; б) периодически учитывать результаты их влияния на организм; в) не применять к детям сильных воздействий (например, не применять солнечных ванн выше  $30-35^{\circ}\text{C}$ , не купать в воде ниже  $10-11^{\circ}\text{C}$ ).

Применение средств закаливания должно производиться в зависимости от возраста, индивидуальных особенностей, состояния здоровья, условий труда и быта, климатических условий и предыдущей тренировки.

Закаливание следует начинать с раннего детского возраста, с воспитания у ребенка, в сочетании с правилами личной гигиены, привычек, обеспечивающих закаливание его организма (гулять в любую погоду, при всякой погоде иметь незащищенными нос и рот и пр.). Прекращение систематического закаливания уже через 2—3 недели приводит к исчезновению защитных изменений строения кожи и функций организма, обеспечивающих его повышенную устойчивость к воздействиям факторов внешней среды.

При применении средств закаливания обязателен контроль и консультация врача.

XVII. ФИЗ  
РАЦ  
И О

Нервные  
тельных на  
разумных д  
гательных  
ций нервно  
и функцией  
Постепен  
происходит  
излишнего  
вания тела  
движений  
движения,  
ные движе

В проц  
скелетные  
кровообращ  
этому обла  
чередовани  
ввиду прес  
ки довольн  
мышц и п  
гать одноо  
культуре п  
зывают пер  
веществ в  
рому прекр  
работе или

При вы  
большая по  
дения и тор  
жением при  
устойчивости



## XVII. ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА И ОТДЫХА ШКОЛЬНИКОВ

Нервные механизмы рационального осуществления двигательных навыков. С возрастом изменяется характер вновь образуемых двигательных навыков. Характер выработанных двигательных навыков обусловлен прежде всего развитием функций нервной системы, а также строением скелета и строением и функцией мускулатуры.

Постепенно, благодаря развитию центрального торможения, происходит освобождение от лишних движений, например от излишнего беспорядочного размахивания руками и от покачивания тела в стороны. Это совершенствование координации движений позволяет хорошо производить трудовые и бытовые движения, ходить на лыжах, совершать разнообразные и сложные движения во время подвижных игр.

В процессе физического труда и физических упражнений скелетные мышцы лучше снабжаются посредством усиленного кровоснабжения питательными веществами и кислородом и поэтому обладают большей работоспособностью при правильном чередовании работы и отдыха. При большой подвижности, ввиду преобладания возбуждения над торможением, школьники довольно быстро утомляются. Для равномерного развития мышц и предупреждения появления утомления следует избегать однообразных движений. Если занятия по труду и физкультуре проводятся интересно и разнообразно, то они не вызывают переутомления. Наоборот, быстрый и усиленный обмен веществ в ранее не работавших мышцах способствует скорому прекращению утомления, наступившего при умственной работе или после работы других групп мышц.

При выполнении сложных или однообразных движений большая подвижность обеих форм нервного процесса (возбуждения и торможения) и преобладание возбуждения над торможением приводит к большому утомлению нервной системы, неустойчивости внимания, большой эмоциональности.



**Возрастные особенности образования двигательных навыков.** Дошкольники с трудом приучаются совершать одновременные движения обеими ногами, например прыжки в длину, отталкиваясь одновременно обеими ногами. В школьном возрасте эта способность развивается.

Ребенок 3 лет не может сделать подряд больше 1—3 прыжков в длину с сохранением параллельного положения стоп и носков ног на одном уровне. Некоторые дети 3 лет не могут прыгнуть в длину, оттолкнувшись двумя ногами одновременно. К 5—6 годам способность к точным прыжкам в длину одновременно обеими ногами заметно повышается и достигает еще большего совершенствования к 7—8 годам.

Дошкольникам и младшим школьникам трудно совершать попеременные движения руками во фронтальной и горизонтальной плоскостях. Они могут их совершать в передне-заднем направлении.

Детям, особенно младшего возраста, свойственны симметричные движения руками, в которых одновременно участвуют мышцы-синергисты.

Дошкольники и младшие школьники не могут производить силовых упражнений, а также таких упражнений, которые требуют выносливости. Физическая работа школьников среднего и старшего возрастов производится длительно без утомления при сохранении средних затрат энергии на уровне предела выносливости, примерно 2—3, максимум 4 ккал в минуту.

**Основные правила рациональной организации труда детей.** Организация рационального режима труда детей при немеханизированных работах, характеризующихся большой интенсивностью, требует строгого учета характера труда и возрастных особенностей детей.

Рациональный режим труда и отдыха при сельскохозяйственных работах, отличающихся большим разнообразием, требует учета качеств сельскохозяйственных орудий, свойств обрабатываемой почвы, метеорологических факторов и других условий.

Продолжительность занятий промышленным и сельскохозяйственным трудом зависит прежде всего от характера труда и возраста детей. Для младших школьников через 10—15 минут, а для школьников среднего и старшего возрастов после 30—40 минут работы обязательны перерывы на 5—10 минут. Для детей 8—11 лет труд должен проводиться только в утренние часы, не более 1,5—2 часов в день. Для детей 11—13 лет общая продолжительность занятий по труду не должна превышать 3—4 часов в день, при условии разделения работы на две части — утреннюю и вечернюю, а для школьников 14—17 лет продолжительность рабочего дня может быть 5—6 часов также при обязательном разделении на две части: утреннюю и вечернюю.



Положительное влияние на высшую нервную деятельность рационально организованного труда показало изучение условных двигательных рефлексов при речевом подкреплении на уроках труда в V классе общеобразовательной школы. Оказалось, что под влиянием труда значительно укорачивается латентный, скрытый период положительных условных двигательных рефлексов, особенно при чередовании их с отрицательными.

Таким образом, физический труд влияет на высшую нервную деятельность, повышает возбудимость двигательного анализатора и подвижность возбуждения и торможения.

**Основные правила рациональной организации физических упражнений детей.** Лучшим видом физических упражнений для дошкольников и детей младшего школьного возраста являются подвижные игры. Для физического воспитания дошкольников используются прогулки, экскурсии, катание на лыжах и коньках. Дошкольники постепенно приучаются производить сложные, точные и быстрые упражнения, у них вырабатываются простейшие трудовые навыки.

Для совершенствования движений с дошкольниками необходимо ежедневно проводить подвижные игры, а также 5-минутные физические упражнения и 1—2 раза в неделю занятия по физкультуре 15—20-минутной продолжительности.

В занятиях по физкультуре для учащихся I—IV классов большое место отводится подвижным играм, гимнастике, а также простым физическим упражнениям — ходьбе, бегу, лазанию, прыжкам в высоту с разбега и в длину с места, метанию в цель, конькам, лыжам и др., которые упражняют и совершенствуют координацию движений, способствуют развитию скелетных мышц и выработке правильной осанки. Продолжительность урока не должна превышать 40—45 минут. Плотность урока должна быть меньше, чем у взрослых. Следует избегать статических напряжений, связанных с задержкой дыхания. С 9—12 лет приобретает способность точно управлять движениями тела, производить сокращения разных мышц в определенном ритме и с различной нагрузкой, избегать производства лишних движений. Это результат совершенствования психического и нервного процессов в больших полушариях головного мозга.

В среднем школьном, или, подростковом, возрасте, когда начинается половое созревание и формирование тела, происходит ускоренный рост массы скелетной мускулатуры и ее силы. За 2—3 года масса мышц возрастает на 12%, в предшествующие 7 лет — на 5%. Вес мышц достигает 35% по отношению к весу тела. Сильно развивается мускулатура спины, плечевого пояса, рук и ног, что способствует усиленному росту трубчатых костей. Рост ног особенно ускоряется при упражнениях, в которых имеются подскоки и прыжки.



Чтобы не задерживать рост костей в длину, следует применять упражнения, равномерно развивающие мускулатуру рук и ног.

В результате некоторого отставания в развитии грудной клетки в ширину школьники младшего и среднего возрастов выглядят узкогрудыми и длинными, а вследствие недостаточного развития психики и высшей нервной деятельности производятся лишние движения, они неловки и угловаты. В этом возрасте нужно всесторонне развивать мускулатуру, избегая специализации в одном виде спорта. Организм еще недостаточно приспособлен к физическим упражнениям, требующим силы и выносливости, предъявляющим большие требования сердечно-сосудистой и дыхательной системам. Даже здоровые подростки иногда с трудом переносят неподвижное стояние в течение 15—20 минут и упражнения со статической нагрузкой.

Однако общеразвивающие упражнения, силовые и на выносливость, применяемые с постепенным увеличением нагрузки, правильная организация режима труда и отдыха способствуют физическому развитию, улучшению функций внутренних органов: сердечно-сосудистой системы, дыхательного аппарата, обмена веществ, пищеварения и др.

В занятиях по физическому развитию учащихся V—VII классов преобладают общеразвивающие упражнения, гимнастика и легкая атлетика, коллективные подвижные игры, хождение на лыжах и бег на коньках. При этом совершенствуются функции нервной системы, улучшается координация движений, они становятся точными и экономными, особенно усиливается торможение. Совершенствование нервного процесса, и особенно торможения, способствует регулированию эмоций, умению сдерживать их, воспитанию дисциплины.

Особенно значение для психического и физического развития в этом возрасте имеют рациональная смена умственных занятий физическими упражнениями и закаливание организма.

В старшем школьном, или юношеском, возрасте заканчивается половое созревание. Благодаря окончанию окостенения основных частей скелета увеличивается рост тела в ширину и приобретает пропорциональность его частей. Мышечная масса продолжает возрастать, и ее вес доходит до 45% по отношению к весу тела. При этом значительно увеличиваются сила и выносливость скелетной мускулатуры. Однако физические упражнения, сопровождающиеся чрезмерным или длительным напряжением, не должны применяться, как нарушающие нормальное физическое развитие.

В связи со значительным совершенствованием функций нервной системы заметно улучшается координация движений, хорошо выполняются скоростные физические упражнения. Скорость физических упражнений обусловлена развитием подвижности обеих форм нервного процесса, — возбуждения и тормо-



жения в больших полушариях головного мозга. Несмотря на большой рост мышечной силы, хуже выполняются силовые упражнения, так как сердечно-сосудистая и дыхательная системы еще не достигают такого развития, которое обеспечивает осуществление длительного статического напряжения и скоростно-силовых движений.

Благодаря интенсивному развитию мелкой мускулатуры и совершенствованию координации движений в старшем возрасте быстро и экономно выполняются точные, мелкие трудовые движения руками.

В занятиях по физическому развитию учащихся старших классов уменьшено количество общеразвивающих физических упражнений, меньше гимнастических и подготовительных упражнений, но больше упражнений на развитие прикладных двигательных навыков и качеств. В этом возрасте полезно совершенствование в различных видах спорта: гимнастика, легкая атлетика, плавание, лыжи, коньки, футбол, волейбол, баскетбол, хоккей и др. Учащиеся допускаются к участию в спортивных соревнованиях и сдаче норм юношеских спортивных разрядов. Так как в ряде случаев наблюдается переоценка физических возможностей, то необходим систематический контроль за занятиями спортом в этом возрасте. Особенно важен контроль за занятиями спортом у девушек, отличающихся особенностями строения и функций тела.

Особенностями организма девушек по сравнению с юношами являются: меньший рост и вес тела, меньшая ширина плеч и меньшая длина рук и ног, длинное туловище и более тяжелый тазовый пояс, меньшее развитие скелетных мышц, развитие подкожной жировой клетчатки и др., которые обуславливают иной характер физических упражнений. Ограничены упражнения по скоростному бегу, прыжкам в высоту, по подтягиванию, упорам, стойке на руках, висам, лазанию по канату и др., уменьшены дистанции в беге, ходьбе на лыжах и др.

С другой стороны, низкое расположение центра тяжести способствует выполнению физических упражнений, в которых сохраняется равновесие при опоре на ноги.

Для физического воспитания девушек используются ритмические упражнения, пляски, элементы художественных движений и специальные упражнения, укрепляющие мускулатуру брюшного пресса и дна таза, что обеспечивает правильное развитие и функционирование органов малого таза.

Сравнительные данные физического развития мужчин и женщин разного возраста, занимающихся спортом (по С. П. Летуну и Р. Е. Мотылянской), указывают на то, что уже с 15—16 лет мужчины значительно превосходят женщин, особенно по силе кисти и становой силе.



## XVIII. ОСНОВНЫЕ АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТОВ (по возрастным периодам)

Возрастные изменения строения и функций организма происходят неравномерно. Наблюдаются периоды ускорения и замедления развития. Ускорение развития происходит к концу дошкольного — началу младшего школьного возрастов и в среднем школьном возрасте в периоде полового созревания.

### ДОШКОЛЬНЫЙ ВОЗРАСТ

**Рост и развитие скелета.** В этом возрасте происходит быстрый рост скелета. Рост и формирование черепа наиболее интенсивны в первые годы жизни. Сращение черепных швов заканчивается к 4 годам. До 1,5—3 лет рост грудной клетки совершается параллельно с ростом тела, а потом замедляется. Детские черты строения грудной клетки сглаживаются к 6—7 годам. Окружность груди к 7 годам у мальчиков в среднем 60 см, а у девочек — 58 см. К 3—4 годам появляются изгибы позвоночника. К 7 годам заканчивается образование шейного лордоза и грудного кифоза. Сроки начала и конца окостенения различны для разных костей. С 4—6 месяцев начинается окостенение головки плеча; с 7 месяцев до 2 лет — эпифиза лучевой кости, а с 5—6 лет — ее головки, с 2—3 лет — эпифизов основных фаланг и головок запястных костей, с 3 лет — эпифизов основных фаланг и головок плюсневых костей. Сращивание подвздошной, седалищной и лобковой костей в единую безыменную кость начинается с 5—6 лет. Так как окостенение далеко еще не завершено, то неправильное положение тела, неправильное сидение, чрезмерные для этого возраста физические нагрузки могут привести к нарушениям гармонического развития скелета и к его деформациям. Тяжелая или мелкая интенсивная работа может нарушить развитие кисти. Тесная обувь задерживает рост стопы и деформирует ее. Прыжки девочек на твердую поверхность могут вызвать смещение костей таза.

Рост в  
школьном  
ная систе  
с новорож  
дам дости  
ного 3—4  
У 5-летне  
гают полн  
лей, а та  
пирамидн  
года жизн  
ляется. К  
ную для  
анализато  
особенно  
клеток пр  
дам. Миэ  
низовать  
всех чере  
К 2 годам  
путей. В  
нимающи  
рез 4 год  
вых нерве  
ция всех  
иногда и  
Вследс  
нервной с  
ственной  
У дош  
ние и пр  
Поэтому  
7 лет в с  
умственн  
лее часть  
должител  
12 часов.  
Вследс  
стемы и  
тизирова  
Речь  
2-го года  
чивается  
В это  
гают зна  
Разви  
быстрое  
15\*



Рост и развитие нервной системы и органов чувств. В дошкольном возрасте наиболее быстро растет и развивается нервная система. К 3—5 годам вес головного мозга по сравнению с новорожденным (380—400 г) увеличивается в 3 раза и к 7 годам достигает 1250—1300 г. Вес спинного мозга у новорожденного 3—4 г, у ребенка 3 лет примерно 12 г, а 6 лет — 16 г. У 5-летнего ребенка борозды больших полушарий еще не достигают полной глубины взрослого, имеется иное соотношение долей, а также иные размеры и расположение мозжечка. Рост пирамидных клеток усиливается в конце 1-го и в начале 2-го года жизни. В 2,5—3 года темп роста этих клеток резко замедляется. К 2,5 годам пирамидные клетки приобретают характерную для взрослого форму. Ускорение развития двигательного анализатора коры происходит в 4 года. В 4-летнем возрасте особенно заметен рост зрительного бугра. Созревание нервных клеток продолговатого мозга заканчивается в основном к 7 годам. Миэлинизация нервных путей, которые начинают функционировать раньше других, заканчивается раньше. Миэлинизация всех черепно-мозговых нервов заканчивается к 1—1,5 годам. К 2 годам заканчивается миэлинизация слуховых и зрительных путей. В головном мозге раньше миэлинизируются пути воспринимающих областей, а пирамидные пути — позднее, иногда через 4 года и больше после рождения. Большинство спинномозговых нервов покрывается миэлином к 3 месяцам, но миэлинизация всех спинномозговых нервов заканчивается к 3—5 годам, а иногда и позднее.

Вследствие незавершенного развития строения и функций нервной системы продолжительность активного внимания и умственной работоспособности относительно невелика.

У дошкольников легко возникают возбуждение и торможение и происходит быстрое их распространение (иррадиация). Поэтому продолжительность активного внимания у детей 5—7 лет в среднем не превышает 15 минут. Для восстановления умственной работоспособности дошкольники нуждаются в более частых и продолжительных периодах отдыха и в более продолжительном сне. Дети 1 года спят 13 часов в сутки, а 4 лет — 12 часов.

Вследствие недостаточного развития второй сигнальной системы и торможения до 5—6 лет дети не могут быть загипнотизированы.

Речь начинает развиваться у ребенка в конце 1-го и начале 2-го года. К 5—7 годам формирование речи в основном заканчивается.

В этом возрасте строение и функции органов чувств достигают значительного, но не полного развития.

**Развитие двигательного аппарата.** С 6—7 лет начинается быстрое развитие мышц кистей рук. К 6 годам значительно уве-



личивается диаметр мышечных волокон скелетной мускулатуры. Средняя сила мышц обеих рук к 6 годам у мальчиков — 10,3 кг, правой руки — 4 кг, а левой — 2 кг. Дифференцировка нервных окончаний в мышцах заканчивается в основном к 5—6 годам. Вследствие развития торможения движения постепенно становятся более координированными и происходит освобождение от лишних движений. Однако в этом возрасте трудно производить мелкие и точные движения. Отмечается большая двигательная подвижность, но на движения расходуется меньше энергии из суточного обмена веществ, чем у взрослых. Движения носят обобщенный характер. Начинают вырабатываться простейшие бытовые двигательные навыки и трудовые движения. Развитие двигательной деятельности происходит главным образом в подвижных играх. Дошкольники очень эмоциональны и легко утомляются.

**Изменения крови и системы кровообращения.** Абсолютное количество крови увеличивается с возрастом. Относительное количество крови к 6 годам достигает 7% (по отношению к весу тела). Количество эритроцитов к 6—7 годам около 5 млн. в 1 мм<sup>3</sup>, лейкоцитов — 10,5 тыс. Лейкоцитарная формула отличается меньшим содержанием нейтрофилов (46,5%) и большим содержанием лимфоцитов (42%).

К концу дошкольного периода сердечно-сосудистая система существенно изменяется. Абсолютные размеры сердца и его вес увеличиваются, а относительные — уменьшаются (по отношению к весу тела). К 6—7 годам вес сердца у мальчиков достигает 91—92 г, а у девочек — 87,5 г. Размеры сердца — ширина, длина и толщина мышечной стенки — возрастают параллельно с увеличением веса тела. Объем сердца к 6—7 годам достигает 90—125 см<sup>3</sup>. К 5—7 годам толчок сердца определяется в пятом межреберье, на сосковой линии. К 6—7 годам средняя частота пульса равняется 92—95 в минуту. Систолический объем крови в покое — 20,5—23 см<sup>3</sup>. Минутный объем крови в покое 1960—2120 см<sup>3</sup>. Вследствие незавершения развития иннервационного аппарата сердца и его мышцы пульс очень неустойчив, неровен, аритмичен, с перебойями. Развитие симпатической иннервации сердца опережает развитие парасимпатической иннервации. Тонус блуждающих нервов хорошо выражен после 3 лет. Поэтому у дошкольников частота пульса больше, чем у взрослых, и особенно увеличивается при мышечной деятельности и эмоциях. Сердце до 6—7 лет отстает в росте от кровеносных сосудов, поэтому существует опасность перегрузки сердца при мышечной работе. Систолическое давление крови у детей 3—4 лет примерно 96 мм рт. ст., а диастолическое — 58 мм рт. ст. К 7 годам систолическое давление возрастает до 99, а диастолическое — до 64 мм рт. ст. Пульсовое давление в 5—6 лет — 40 мм рт. ст.

Электро  
сти. У дош  
первого де  
личивается  
реже встре  
ся зубец  
0,27—0,34  
QRS; систо  
Развити

к концу до  
6 годам за  
пазуха поя  
ны гороши  
симально  
личия в ст  
трахеи опу  
дам достиг  
жений в п  
156 см<sup>3</sup>. М  
нем — 3500  
у детей до  
200 см<sup>3</sup>. Ж  
1100—1200  
при макси  
6 годам до  
пределом  
возможнос  
требовани  
ность в ки

Развит  
органов г  
2,5 годам  
начинаетс  
пищевода  
лых, и к  
нимает та  
лудок бы  
тает. К ко  
рост жел  
1 дм<sup>3</sup>. О  
35 см<sup>3</sup>. П  
6 месяцев  
и увелич  
печень ра  
К 6 годам  
лых. Киш  
вследстви



Электрокардиограмма у детей имеет возрастные особенности. У дошкольников она отличается по сравнению с периодом первого детства тем, что зубец Р уменьшается, а зубец R увеличивается, отношение зубца Р к зубцу R равняется 1:8—1:10; реже встречается зубец Q; уменьшается зубец S; увеличивается зубец T; увеличивается длительность интервала Р—Q до 0,27—0,34 секунды; увеличивается длительность комплекса — QRS; систолический показатель возрастает от 49 до 56%.

**Развитие дыхательной системы.** Органы дыхания достигают к концу дошкольного периода значительного развития. К 5—6 годам заканчивается образование гайморовой полости. Лобная пазуха появляется с 3—5 лет и к 6—7 годам достигает величины горошины. Лимфоидная ткань и глоточные миндалины максимально развиваются к 4 годам. Гортань узка. Половые различия в строении гортани появляются после 3 лет. Бифуркация трахеи опускается до IV—V позвонков. Вес легких к 6—7 годам достигает 420 г. К 6 годам среднее число дыхательных движений в покое 23 в 1 минуту, средняя глубина дыхания — 156 см<sup>3</sup>. Минутный объем дыхания в 4—6 лет в покое в среднем — 3500 см<sup>3</sup>. Минутный объем дыхания на 1 кг веса в покое у детей до 3 лет в 2 раза больше, чем у взрослых, и равняется 200 см<sup>3</sup>. Жизненная емкость легких у детей 4—6 лет в среднем 1100—1200 см<sup>3</sup>. Максимальная вентиляция легких в минуту при максимальной физической работе, или предел дыхания, к 6 годам достигает 40 дм<sup>3</sup>. Резерв дыхания, или разница между пределом дыхания и вентиляцией легких в покое, характеризует возможность увеличения вентиляции легких при максимальных требованиях и достигает к 6 годам 38 дм<sup>3</sup>. В 6—7 лет потребность в кислороде в минуту составляет 140—150 см<sup>3</sup>.

**Развитие пищеварительной системы.** Строение и функция органов пищеварения также имеет свои особенности. К 2—2,5 годам прорезываются все 20 молочных зубов. С 6—7 лет начинается смена молочных зубов постоянными зубами. Длина пищевода у дошкольников относительно больше, чем у взрослых, и к 5 годам достигает 16 см. Желудок к 5—6 годам принимает такую же форму, как у взрослого. После рождения желудок быстро растет, и отделение желудочного сока возрастает. К концу 3-го года его объема достигает 600 см<sup>3</sup>. С 4 до 7 лет рост желудка замедляется, и объем его достигает примерно 1 дм<sup>3</sup>. Общая кислотность желудочного сока в 6 лет — 30—35 см<sup>3</sup>. Поджелудочная железа наиболее интенсивно растет от 6 месяцев до 2 лет, что объясняется переменой пищевого режима и увеличением ее роли в пищеварении. Наиболее интенсивно печень растет до 3 лет, к 3 годам ее вес достигает до 500 г. К 6 годам строение печени становится таким же, как у взрослых. Кишечник наиболее интенсивно растет с 1 года до 3 лет вследствие перехода с молочной пищи на смешанную.



**Особенности обмена веществ.** Особенности состава крови, функций сердечно-сосудистой системы, дыхания и пищеварения обусловлены обменом веществ растущего организма ребенка, в котором процессы ассимиляции преобладают над процессами диссимиляции. Чем меньше возраст ребенка, тем интенсивнее его обмен веществ, тем быстрее он растет и тем больше его обмен веществ отличается от обмена веществ взрослого человека.

Основной обмен веществ на 1 кг веса достигает максимума к 2—3 годам и равняется 55—60 ккал (у новорожденного — 38—42 ккал). Суточная потребность в белках и жирах на 1 кг веса равна: с 1 до 4 лет 3—3,5 г, с 4 до 7 лет 2,5 г, что составляет в возрасте 1—4 лет 40—50 г и в 5—7 лет 50—60 г. Суточная потребность в углеводах примерно в 4 раза больше, чем в белках или жирах. Суточная потребность в воде с 2 до 4 лет — 800—950 см<sup>3</sup>, с 5 до 6 лет — 1200 см<sup>3</sup>. Поваренная соль должна даваться детям в количестве не менее 0,05 г на кг в сутки, кальций — 1 г, фосфор — 1,5—2 г, железо — 15 мг. Суточные дозы витаминов указывались нами ранее.

**Кожа.** Поверхность кожи у дошкольников на 1 кг веса больше, чем у взрослых, к 6 годам она почти в 2 раза превышает относительную поверхность кожи у взрослых. Она содержит значительно больше капилляров, и через нее протекает значительно больше крови, чем у взрослых. Эпидермис кожи у дошкольников также тоньше, чем у взрослых, и поэтому больше теплоотдача. В коже образуются лизоцим и при облучении солнечными лучами витамин D.

**Мочеотделение.** Суточное количество мочи к 6 годам достигает 1100 см<sup>3</sup>, а количество мочи в одной порции — 100—200 см<sup>3</sup>. Содержание в моче мочевины, мочевой кислоты, хлоридов и фосфатов несколько больше, чем в младшем школьном возрасте, что связано с увеличенным обменом веществ и ускоренным ростом.

**Внутренняя секреция.** Некоторые железы внутренней секреции (эпифиз, вилочковая, или зобная, железа, корковое вещество надпочечников) усиленно функционируют, а другие железы слабо функционируют (гипофиз, щитовидная железа). Половые железы не функционируют.

#### МЛАДШИЙ ШКОЛЬНЫЙ ВОЗРАСТ

**Рост и развитие скелета.** У младших школьников продолжается развитие скелета. До 7—9 лет позвоночник сохраняет в грудном отделе очень большую гибкость. Постоянство поясничной кривизны устанавливается к 12 годам. Половые различия позвоночника (длина хрящевых дисков и высота позвонков) появляются с 9 лет, и больше всего в грудном отделе. С 9 до 11 лет окостеневает локтевой отросток лучевой кости. У мальчиков к

7—8 годам. 2  
часть грудной  
форму, как у  
ся у мальчиков  
больше. С 8 до  
вается таз. Ре  
у мальчиков с  
дам трубчатые  
лему. В этом  
пактного веще

**Рост и раз**  
головного моз  
сятков граммо  
К 8 годам нер  
личаются от  
борозды и изв  
лого. В 12 лет  
слоях коры. В  
лизатора сост  
корковых обра  
ного анализат  
строение моз  
к взрослому  
коры особенн  
спинномозгов  
ний край моз  
шого затылоч  
сов, а в 10 ле  
нием деятель  
ного внимани  
12 лет — до 2  
ритм биотоко  
с ритмом в  
альфа-ритм 6  
дит переход о  
тета-ритм не  
блюдаются к

В младше  
стигают знач  
ясного виден  
объем акком  
зрачка в тем  
у взрослого.  
а развитие  
В 8—10 лет  
**Развитие**  
равномерное



7—8 годам, а у девочек немного раньше расширяется верхняя часть грудной клетки, и к 12—13 годам она имеет такую же форму, как у взрослых. Окружность груди к 12 годам равняется у мальчиков 68 см, а у девочек — на несколько сантиметров больше. С 8 до 10 лет у девочек наиболее интенсивно увеличивается таз. Реберно-ключичный сустав появляется в 11—12 лет. У мальчиков с 7 лет ноги растут быстрее, чем у девочек. К 7 годам трубчатые кости приобретают строение, свойственное взрослому. В этом возрасте надкостница уже отграничена от компактного вещества кости.

**Рост и развитие нервной системы и органов чувств.** Вес головного мозга возрастает незначительно, на несколько десятков граммов. Количество воды в головном мозге уменьшается. К 8 годам нервные клетки коры больших полушарий мало отличаются от клеток взрослого. Приблизительно к 9—10 годам борозды и извилины занимают такое же положение, как у взрослого. В 12 лет заканчивается рост пирамидных клеток в нижних слоях коры. В 7 лет объем корковых полей двигательного анализатора составляет около 80% от объема у взрослого, а подкорковых образований — около 95%. Ускорение роста двигательного анализатора в коре происходит в 7 и 12 лет. К 7 годам строение мозгового конца кожного анализатора приближается к взрослому типу. Дифференцировка зрительного анализатора коры особенно ускоряется к 7—12 годам. Миэлинизация всех спинномозговых нервов заканчивается иногда к 10 годам. Нижний край мозжечка только к 10 годам достигает уровня большого затылочного отверстия. В 7 лет дети должны спать 11 часов, а в 10 лет — 10 часов в сутки. В связи с совершенствованием деятельности головного мозга продолжительность активного внимания с 7 до 10 лет возрастает до 20 минут, а с 10 до 12 лет — до 25 минут. У ребенка 8 лет в бодрствующем покое ритм биотоков головного мозга 8—9 в секунду перемежается с ритмом в 4—5 в секунду. Для детей 8—9 лет характерен альфа-ритм 6—10 в секунду. При пробуждении у них происходит переход от 2—4 колебаний в секунду к этому ритму. С 10 лет тета-ритм не маскирует альфа-ритма, но и в 9—12 лет еще наблюдаются колебания 4—6 в секунду.

В младшем школьном возрасте функции органов чувств достигают значительного совершенства. В 10 лет ближайшая точка ясного видения располагается на расстоянии 7 см от глаза, а объем аккомодации равен 14 диоптриям. Степень расширения зрачка в темноте достигает средней величины его расширения у взрослого. Стенки слухового канала окостеневают к 10 годам, а развитие органа слуха в целом заканчивается к 12 годам. В 8—10 лет наибольший временной порог слуха.

**Развитие двигательного аппарата.** С 7—12 лет происходит равномерное развитие ребенка (период «округления»), темп его



роста несколько замедляется, а его вес увеличивается. С 8—10 лет происходит усиленное развитие мускулатуры. К 8 годам вес мышц по отношению к весу тела составляет 27%. Сила мышц обеих рук возрастает в 2—2,5 раза (с 14,0 кг до 33,5 кг). Постепенно сила правой руки приближается к силе левой руки. Если в 7 лет правая рука сильнее левой примерно на 80%, то к 12 годам эта разница составляет только 20%. В 8 лет сила мышц девочек меньше, чем у мальчиков, приблизительно на 5 кг, а в 11—12 лет — на 10 кг. Значительно возрастает становая сила: у мальчиков с 7 до 12 лет на 11%, а у девочек — на 36%. Лабильность нервно-мышечной системы достигает нормы взрослого человека к 8—10 годам. В этом возрасте отмечается большая подвижность, но быстро наступает утомление, так как функции нервной системы не достигли полного развития. С 7—8 лет вырабатывается способность производить мелкие, точные движения. Однообразные движения и статические усилия неблагоприятно влияют на кровообращение и дыхание.

**Изменения крови и системы кровообращения.** Абсолютное количество крови увеличивается, а относительное — уменьшается. Количество крови составляет 7% веса тела. Количество эритроцитов примерно такое же, как у взрослых: у детей 8—9 лет — 9900 в 1 мм<sup>3</sup>, в 10—11 лет — 8200. Количество лейкоцитов несколько больше, чем у взрослых: у детей 8—9 лет — 9900 в 1 мм<sup>3</sup>, в 10—11 лет — 8200. Количество нейтрофилов увеличивается, а лимфоцитов уменьшается. С 8 до 9 лет нейтрофилов 49,5%, а лимфоцитов 39,5%, с 10 до 11 лет — 51 и 36,5%.

Вес сердца с 7 до 12 лет возрастает с 92 до 134 г у мальчиков и с 87,5 до 143 г у девочек. Относительный вес сердца на 1 кг веса тела достигает наименьшей величины в 10—11 лет, что указывает на отставание веса сердца от общего веса тела. С 11—12 лет относительный вес сердца начинает увеличиваться. Происходит дальнейшее уменьшение частоты пульса в покое: с 92 в 1 минуту в 7 лет до 82 в 1 минуту в 12 лет. Систолический объем сердца в покое увеличивается с 23 см<sup>3</sup> до 33 см<sup>3</sup>, а минутный объем в покое — с 2120 см<sup>3</sup> до 2740 см<sup>3</sup>. Особенности электрокардиограммы у младших школьников выражены меньше, чем у дошкольников. Систолическое давление крови в 7—8 лет 99 мм рт. ст. в 12 лет 105 мм рт. ст., диастолическое, соответственно 64 и 70 мм рт. ст., пульсовое давление 43 мм рт. ст. Происходит дальнейшее относительное сужение просвета сосудов по отношению к емкости сердца, что и вызывает повышение артериального кровяного давления. Большая частота сердцебиений и большая скорость кругооборота крови обеспечивают большее кровоснабжение тканей, чем у взрослых. Развитие иннервации сердца и большая эластичность сосудов обуславливают лучшее приспособление работы сердца при предъявлении

повышеннь  
рошо разв  
дам.

Развити  
ганов дыха  
вание пол  
длина ист  
вочек, что  
легких дос  
шается с  
7 лет до 20  
увеличива  
объем ды  
у взрослых  
лородом и  
у взрослых  
с 1400 см<sup>3</sup>  
вочек. Пр  
дыхания  
С возраст  
воздуха д  
с 140 см<sup>3</sup>

Развити  
ренные зу  
молочных  
да увелич  
стигает 1  
12 лет —  
начинает

Особе  
жается д  
превыша  
ная суто  
веса сни  
точная п  
ставляя

Кожа  
превыша  
теплоотд

Моче  
до 1,5 д  
Относит  
дов и ф  
школьни  
ше. Поэ  
Всле  
вегетати



повышенных требований. К 7—8 годам лимфатические узлы хорошо развиты, их рост и развитие заканчиваются к 12 годам.

**Развитие дыхательной системы.** Продолжается развитие органов дыхания. К 12 годам в основном заканчивается формирование полостей черепа, а также носа. К 12 годам у мальчиков длина истинных голосовых связок становится больше, чем у девочек, что обуславливает понижение голоса. К 8—10 годам вес легких достигает 455—495 г. Частота дыхания в 1 минуту уменьшается с 23 до 21. Глубина дыхания возрастает с  $163 \text{ см}^3$  в 7 лет до  $260 \text{ см}^3$  в 12 лет. Минутный объем дыхания с 7 до 12 лет увеличивается с  $3650 \text{ см}^3$  до  $4700 \text{ см}^3$ . Относительный минутный объем дыхания на 1 кг веса в 11 лет в 1,5 раза больше, чем у взрослых, и составляет  $150 \text{ см}^3$ . Поэтому снабжение крови кислородом и выведение углекислого газа относительно лучше, чем у взрослых. Жизненная емкость легких с 7 до 12 лет возрастает с  $1400 \text{ см}^3$  до  $2200 \text{ см}^3$  у мальчиков и с  $1200 \text{ см}^3$  до  $2000 \text{ см}^3$  у девочек. Предел дыхания увеличивается с 40 до  $60 \text{ дм}^3$ , а резерв дыхания также соответственно значительно увеличивается. С возрастом увеличивается поглощение кислорода — из  $1 \text{ дм}^3$  воздуха до 35—36  $\text{см}^3$ . Потребность в кислороде возрастает с  $140 \text{ см}^3$  до  $195 \text{ см}^3$  в 1 минуту в покое.

**Развитие пищеварительной системы.** Первые большие коренные зубы прорезываются в 6—8 лет. К 12—14 годам смена молочных зубов на постоянные заканчивается. Длина пищевода увеличивается на 2—3 см. В 10—12 лет объем желудка достигает  $1,5 \text{ дм}^3$ . Общая кислотность желудочного сока в 8—12 лет — 40—60  $\text{см}^3$ . С 10 лет в связи с ускорением роста тела начинается ускоренный рост кишечника.

**Особенности обмена веществ.** Суточный основной обмен снижается до 38 ккал на 1 кг веса, но продолжает значительно превышать основной обмен взрослого — в 1,5 раза. Относительная суточная потребность в белках, жирах и углеводах на 1 кг веса снижается до 2 г белков и жиров и 7—8 г углеводов. Суточная потребность в воде возрастает до 1250—1350  $\text{см}^3$ , составляя 40—45  $\text{см}^3$  на 1 кг веса.

**Кожа.** Относительная поверхность кожи на 1 кг веса тела превышает поверхность тела взрослых в 1,5 раза. Поэтому теплоотдача значительно больше, чем у взрослых.

**Мочеотделение.** Суточное количество мочи увеличивается до  $1,5 \text{ дм}^3$ , а количество мочи в одной порции — 150—250  $\text{см}^3$ . Относительное количество мочевины, мочевой кислоты, хлоридов и фосфатов на 1 кг веса тела несколько меньше, чем у дошкольников, но абсолютное их количество значительно больше. Поэтому возрастает удельный вес мочи.

Вследствие совершенствования функций нервной системы вегетативные процессы становятся более устойчивыми.



## СРЕДНИЙ ШКОЛЬНЫЙ ВОЗРАСТ

**Рост и развитие скелета.** В среднем школьном возрасте происходит ускорение роста и развития в связи с половым созреванием. Увеличиваются половые различия. Продолжается окостенение скелета. К 14—15 годам в позвоночнике появляются новые точки окостенения. Верхние и нижние поверхности тел позвонков окостеневают в 15—16 лет. В этом же возрасте происходит срастание нижних отрезков грудины. К 10—13 годам завершается окостенение запястья. Окончание развития скелета руки у подростков женского пола на 2 года раньше, чем у подростков мужского пола. Окостенение сесамовидных костей обычно начинается с 13—14 лет. С 13—14 лет преобладает развитие лицевого скелета во всех направлениях и складываются характерные черты физиономии. С 12 лет и до взрослого состояния ежегодный прирост лицевого черепа составляет 2—3 мм. К 15 годам базилярная часть затылочной кости сливается с основной. С 12 лет окружность черепа увеличивается ежегодно на 4 мм. В периоде полового созревания отмечается наибольший прирост головы, у девочек к 13—14 годам, а у мальчиков к 13—15 годам. К 12—13 годам грудная клетка имеет все особенности взрослой, но отличается меньшими размерами. Окружность груди в 15 лет у мальчиков в среднем 80 см, а у девочек — 77,5 см. Темп нарастания окружности груди меньше темпа роста тела в длину. Отношение окружности груди к весу тела постепенно и равномерно уменьшается. Вес тела нарастает с возрастом быстрее, чем окружность груди. У девочек с 13 лет рост грудной клетки опережает ее рост у мальчиков. С 12 и до 14—15 лет у девочек увеличивается интенсивность роста поперечного размера входа в малый таз.

**Рост и развитие нервной системы.** К 15 годам вес головного и спинного мозга почти достигает веса у взрослого человека. Продолжается рост пирамидных клеток. Мозговой конец двигательного анализатора достигает почти полного развития. Ввиду совершенствования торможения улучшается контроль над эмоциями. Продолжительность сна уменьшается до 9 часов. Время активного внимания, при отсутствии утомления, возрастает до 30 минут.

На 1 см отодвигается ближайшая точка ясного видения, и на 2 диоптрии уменьшается аккомодация глаза. Острота слуха наибольшая с 14 до 19 лет.

**Развитие двигательного аппарата.** В 12—15 лет происходит усиленный рост мышц и образование массивных мышечных волокон. Вес мышц по отношению к весу тела у подростков 15 лет составляет 32,6%. По сравнению с 7 годами сила мышц обеих рук увеличивается к 15—16 годам в 4—4,5 раза, у девочек она меньше, чем у мальчиков, примерно на 20 кг. К 13—

15 годам  
у девочек  
мерно, т  
групп 33  
подскоко  
костей.

Измер  
дам сост  
роцитов  
нейтрофи

Вес с  
а у дево  
зревания  
подростк  
стота пу  
1 минут  
а минут  
нее систо  
73 мм р  
лему тир  
сердца и  
ца, то п  
ление, а  
системы  
аритмия  
вать, ос  
в течен  
шается

Дых  
кие быс  
Окружн  
у девоч  
на дых  
объем  
в 14—  
3200 см  
роде в

Пищ

янных

Печень

Обм

тела с

более

вещест

К 1

сокой,

тела н



15 годам становая сила увеличивается у мальчиков на 60%, а у девочек на 70%. Мускулатуру необходимо развивать равномерно, так как чрезмерное развитие одной из мышечных групп задерживает рост костей в длину. Упражнения типа подскоков и прыжков способствуют удлинению трубчатых костей.

**Изменения крови и системы кровообращения.** К 14—15 годам состав крови приближается к взрослому. Количество эритроцитов и лейкоцитов такое же, как у взрослого. Количество нейтрофилов доходит до 60,5%, а лимфоцитов — до 28%.

Вес сердца в 14—15 лет доходит у мальчиков до 183 г, а у девочек до 184,5 г. Следовательно, в периоде полового созревания он больше у девочек. К 13—14 годам объем сердца подростка достигает половины объема сердца взрослого. Частота пульса в покое с 12 до 15 лет уменьшается на 4—5 в 1 минуту. Систолический объем возрастает с 33,5 до 41,5 см<sup>3</sup>, а минутный объем — с 2740 см<sup>3</sup> до 3250 см<sup>3</sup>. К 15 годам среднее систолическое давление — 117 мм рт. ст., а диастолическое — 73 мм рт. ст. Электрокардиограмма подростков близка к взрослому типу. Так как кровеносные сосуды развиваются медленнее сердца и относительно сужены по сравнению с емкостью сердца, то при физической работе легко повышается кровяное давление, а вследствие повышения возбудимости симпатической системы значительно учащаются сердцебиения и наблюдается аритмия. Поэтому физические упражнения нужно ограничивать, особенно при статическом усилии; например, при стоянии в течение 15—20 минут у здоровых подростков иногда нарушается кровообращение.

**Дыхательная система.** В периоде полового созревания легкие быстро растут. Их вес к 14—15 годам достигает 513—594 г. Окружность груди к 14—15 годам у мальчиков 72—76 см, а у девочек — 74,5—77,5 см. Частота дыхания снижается. Глубина дыхания в покое к 14—15 годам 300—375 см<sup>3</sup>, минутный объем в покое 4900—5400 см<sup>3</sup>. Легочная вентиляция в покое в 14—15 лет 6500 см<sup>3</sup>, жизненная емкость легких 2700—3200 см<sup>3</sup>, предел дыхания до 61—63 дм<sup>3</sup>. Потребность в кислороде возрастает в 1 минуту с 195 до 225 см<sup>3</sup>.

**Пищеварительная система.** В 12—14 лет имеется 28 постоянных зубов. Длина пищевода к 15 годам достигает 19—20 см. Печень наиболее активно растет в 14—15 лет.

**Обмен веществ и энергии.** Основной обмен на 1 кг веса тела снижается до 34 ккал и ниже, но остается значительно более высоким, чем у взрослого. Нормы потребления пищевых веществ и воды приближаются к взрослым.

К 15 годам теплоотдача продолжает оставаться более высокой, чем у взрослых, так как поверхность кожи на 1 кг веса тела на 30% больше, чем у взрослых.



**Мочеотделение.** Суточное количество мочи к 13 годам достигает 1900 см<sup>3</sup>.

**Внутренняя секреция.** Созревание половых желез начинается у девочек в 11—12 лет, а у мальчиков в 13—14 лет. В 13—15 лет у здоровых девочек появляются менструации. К 15 годам у мальчиков появляется сперматогенез.

## СТАРШИЙ ШКОЛЬНЫЙ ВОЗРАСТ

**Скелет.** Процесс окостенения продолжается и завершается к 20—25 годам. Срастание эпифизов с телами позвонков завершается к 20—22 годам. До 18 лет вершины поперечных и остистых отростков позвонков остаются покрытыми хрящом и в них появляются новые точки окостенения. У юношей рост позвоночника заканчивается примерно в 20 лет, а у девушек — в 18 лет. Срастание грудной кости с ребрами и ее окостенение происходит с 15 лет до 21—25. Срастание подвздошной, седалищной и лобковой костей в единую безыменную кость заканчивается к 17—18 годам. Окостенение длинных трубчатых костей и срастание их концов со средней частью происходит очень медленно и завершается к 15—25 годам. Окостенение эпифизов основных фаланг и головок запястных костей заканчивается в 16—18 лет. Окостенение головки бедра заканчивается в 18—20 лет, а эпифизов основных фаланг и головок плюсневых костей — в 16—20 лет.

**Нервная система.** Очень медленно нарастает вес головного мозга, достигающий наибольшей величины у женщин к 20 годам, а у мужчин к 25 годам. В верхних слоях коры ускорение роста пирамидных клеток продолжается до 18 лет. Функции головного мозга полностью развиваются.

**Двигательный аппарат.** В 15—18 лет продолжается рост диаметра мышечных волокон и нарастание массы мускулатуры. В основном формирование мышечных волокон заканчивается к 18—20 годам, а их рост продолжается до 23—25 лет. К 17—18 годам вес мышц по отношению к весу тела достигает у юношей 44,2%. Сила мышц обеих рук к 15—18 годам увеличивается по сравнению с 7 годами в 4,5—6 раз и доходит до 75—80 кг у юношей и до 40—45 кг у девушек. Отмечается наибольший прирост становой силы. До окончания полового созревания не должны производиться чрезмерные или длительные статические усилия.

**Кровь.** Система кровообращения. Состав крови детей сравнивается с составом крови взрослых. Работа сердца приближается к деятельности сердца у взрослого. Сердце становится более устойчивым к нагрузкам. Иногда, вследствие повышения тонуса сосудов, наблюдается некоторое повышение кровяного



давления в покое. Вес сердца доходит до 250 г (у взрослого — 300 г).

**Дыхательная система.** Частота дыхания доходит до нормы взрослого. Глубина дыхания в 16—17 лет равна  $420 \text{ см}^3$ , минутный объем в покое —  $5300\text{—}6200 \text{ см}^3$ . Отмечается наибольший рост жизненной емкости, у юношей до  $4000\text{—}4200 \text{ см}^3$ , у девушек до  $2800\text{—}3000 \text{ см}^3$ . Предел дыхания в 15—16 лет  $73\text{—}75 \text{ дм}^3$ , а в 17 лет —  $81 \text{ дм}^3$ . Из каждого кубического дециметра воздуха поглощается  $38\text{—}43 \text{ см}^3$  кислорода, в отличие от взрослого, у которого поглощается до  $75 \text{ см}^3$ .

**Внутренняя секреция.** Половое созревание юношей заканчивается к 18—20 годам, девушек к 17—18 годам. Матка окончательно формируется к 16 годам.

Таким образом, физиологические функции в конце старшего школьного возраста сравнительно мало отличаются от взрослого человека.



## СОДЕРЖАНИЕ

От автора . . . . .	2
I. Введение . . . . .	3
1. Значение знаний анатомических и физических особенностей детей для их воспитания	—
Задачи воспитания (3). Роль анатомических и физиологи- ческих знаний в воспитании детей (4)	
2. Взаимная связь физического и психического развития детей	5
Факторы, влияющие на физическое развитие детей. Взаимо- связь физического и психического развития детей (5). Роль речи в физическом и психическом развитии детей (6).	
3. Взаимосвязь формы и функции . . . . .	7
4. Единство социального и биологического . . . . .	8
II. Периодизация детских возрастов . . . . .	9
III. Антропометрические показатели и их возрастное развитие	10
Влияние условий жизни на уровень физического развития детей (10). Рост детей (11). Вес (12).	
IV. Развитие скелета . . . . .	14
Процесс окостенения (14). Развитие черепа (14). Раз- витие позвоночника (15). Развитие грудной клетки (17). Развитие рук (19). Развитие костей таза (20). Развитие ног (20). Возрастные различия в строении и составе костей (21). Гигиена скелета (22).	
V. Нервная система . . . . .	23
1. Возрастные особенности строения нервной системы . . . . .	—
Изменения веса головного мозга (23). Изменения хи- мического состава и кровоснабжения головного моз- га (23). Развитие спинного мозга (24). Возрастные изме- нения строения больших полушарий (24). Развитие строе- ния двигательной области больших полушарий (26). Развитие строения области кожного анализатора боль- ших полушарий (28). Развитие строения области зритель- ного анализатора больших полушарий (28). Развитие лимбической доли больших полушарий (29). Развитие мозгового ствола (29). Миэлинизация проводящих путей головного и спинного мозга (30). Миэлинизация нер- вов (30). Развитие вегетативной нервной системы (31). Факторы, определяющие изменения строения нервной системы (31).	



2.	Анэнцефалия и микроцефалия у детей . . . . .	31
3.	Единство восприятий, двигательных и вегетативных функций . . . . .	32
	Поддержание гомеостазиса (32). Развитие у детей двигательных и вегетативных функций (33).	
4.	Высшая и низшая нервная деятельность . . . . .	34
5.	Высшая нервная деятельность и психика . . . . .	35
	Сознание — высшая форма психики (35). Особенности высшей нервной деятельности людей (36). Высшая нервная деятельность и психика людей (37).	
6.	Условные двигательные рефлексы и двигательные навыки . . . . .	41
7.	Развитие двигательных рефлексов у детей . . . . .	42
	Рефлекторные движения плода (42). Рефлекторные движения новорожденного (43). Развитие условных двигательных рефлексов перемещения в пространстве (44).	
8.	Образование у ребенка первых положительных и отрицательных двигательных условных рефлексов . . . . .	46
	Положительные и отрицательные условные рефлексы (46). Внутривисцеральное формирование анализаторов (46). Образование у ребенка пищевых условных двигательных рефлексов (47). Развитие и укрепление условных рефлексов у новорожденных (49). Развитие и укрепление условных рефлексов у дошкольников (50).	
9.	Образование у детей двигательных навыков . . . . .	50
	Роль сознания в образовании у детей двигательных навыков (50). Автоматизация двигательных навыков (51).	
10.	Ориентировочно-исследовательские рефлексы . . . . .	53
11.	Особенности движения и взаимодействия возбуждения и торможения . . . . .	54
	Иррадиация и концентрация возбуждения (54). Иррадиация и концентрация торможения (55). Взаимодействие возбуждения и торможения (56).	
12.	Основные черты развития высшей нервной деятельности дошкольников и школьников . . . . .	58
	Скорость образования условных рефлексов (58). Величина и устойчивость условных рефлексов (59). Условные рефлексы на время (59). Следовые условные рефлексы (60). Условнорефлекторная регуляция скорости и величины условных рефлексов (62). Условные рефлексы высших порядков (64). Суммарные и комплексные условные рефлексы (64). Динамический стереотип (66). Торможение условных рефлексов у детей (67). Угасание положительных условных рефлексов (68). Условный тормоз (69). Запаздывание (71). Дифференцировочное торможение (71).	
13.	Сон, сновидения и гипнотический сон . . . . .	72
	Активный физиологический сон (72). Активный сон у детей (73). Пассивный сон (74). Сновидения (74). Гипнотический сон (74).	
14.	Функция речи и вторая сигнальная система . . . . .	76
	Функция речи (76). Речевые анализаторы (77). Вторая сигнальная система — анатомо-физиологическая основа речи (79).	



15. Единство первой и второй сигнальных систем у детей	81
16. Появление условных рефлексов на слова и первые речевые реакции ребенка . . . . .	83
Формирование функции речи (83). Образование второй сигнальной системы (85). Динамическая передача условных рефлексов в сигнальных системах (86).	
17. Типы высшей нервной деятельности . . . . .	89
Общие типы нервной системы (89). Частные типы нервной системы (91).	
18. Воспитание типов нервной системы . . . . .	92
19. Значение воспитания и обучения для развития высшей нервной деятельности . . . . .	—
20. Утомление и переутомление . . . . .	93
Утомление (93). Развитие умственного утомления у детей и его предупреждение (95). Развитие физического утомления у детей и его предупреждение (96). Активный отдых (98). Влияние на утомление вегетативной нервной системы и эмоций (99). Развитие переутомления и его предупреждение (100).	
21. Физиологические основы тренировки . . . . .	101
22. Биотоки головного мозга у детей . . . . .	102
VI. Анализаторы (органы чувств) . . . . .	107
1. Развитие анализаторов . . . . .	—
2. Зрительный анализатор . . . . .	—
Зрение у новорожденных (107). Аккомодация у дошкольников и школьников (109). Близорукость и ее предупреждение (109). Возрастные изменения функции зрачков (110). Развитие зрительных ощущений у детей (111). Способы улучшения зрения у детей (114).	
3. Слуховой анализатор . . . . .	115
4. Вестибулярный анализатор . . . . .	116
5. Кожный анализатор . . . . .	119
6. Двигательный, проприоцептивный анализатор . . . . .	120
Роль проприоцептивного анализатора в двигательной деятельности организма (120). Развитие двигательного анализатора у детей (121).	
7. Обонятельный и вкусовой анализаторы . . . . .	126
8. Взаимодействие и взаимный контроль анализаторов . . . . .	127
VII. Голос и речь . . . . .	129
Голосовой аппарат человека (129). Дыхательный аппарат (129). Гортань и ее возрастные особенности (129). Участие мышц в голосообразовании (фонации) (130). Иннервация гортани (131). Функция гортани (134). Воздушные резонаторные полости (136).	
VIII. Физиология двигательного аппарата детей . . . . .	140
1. Развитие моторики у детей . . . . .	—
Взаимная связь развития нервной системы и координации движений (140). Развитие скелетных мышц у детей (141). Возрастные изменения тонуса мышц (143). Возрастные изменения силы мышц (144). Возрастные изменения возбудимости и лабильности двигательного аппарата (145). Возрастные изменения характеристик двигательной деятельности (148).	

IX. К  
1.

2.

3.

4.

X. Д  
1.

2.

XI. П  
1.

2.

XII. О

16 С. И. Ге



2.	Физиологическая характеристика естественных трудовых движений . . . . .	151
3.	Взаимосвязь моторики и вегетативных функций . . . . .	153
	Взаимодействие моторики и вегетативных функций (153). Развитие координации моторики и вегетативных функций (153). Влияние физической работы на координацию моторики и вегетативных функций и на физическое развитие детей (154).	
IX.	Кровь и кровообращение у детей . . . . .	156
1.	Возрастные особенности крови . . . . .	—
	Количество крови, ее свойства и состав (156). Кровотворение (159).	
2.	Изменения состава крови при мышечной и умственной работе . . . . .	160
	Изменения состава крови при мышечной работе (160). Изменения состава крови при умственной работе (162).	
3.	Функциональные особенности сердечно-сосудистой системы детей и подростков . . . . .	163
	Возрастные изменения строения сердца и иннервационного аппарата сердечно-сосудистой системы (163). Изменения сердечной деятельности у детей (164). Сосудистые рефлексы (167). Кровяное давление (167). Скорость кругооборота крови (168). Гигиена сердечно-сосудистой системы детей (168).	
4.	Изменения функций сердечно-сосудистой системы при мышечной и умственной работе . . . . .	169
	Перераспределение крови при мышечной работе (169). Изменения деятельности сердечно-сосудистой системы при мышечной работе (169). Изменения деятельности сердечно-сосудистой системы при умственной работе (172).	
X.	Дыхание у детей . . . . .	173
1.	Возрастные особенности дыхания у детей . . . . .	—
	Органы дыхания (173). Дыхание у детей (173). Дыхательный объем и минутный объем дыхания (174). Легочная вентиляция (174). Жизненная емкость легких (175). Газообмен (175). Тип дыхания (176). Гигиена дыхания (176).	
2.	Дыхание при мышечной и умственной работе . . . . .	177
	Регуляция дыхания при мышечной работе (177). Легочная вентиляция (177). Потребление кислорода при мышечной работе (177). «Мертвая точка» и «второе дыхание» (179). Изменения дыхания у тренированных и у нетренированных (180). Изменения дыхания в связи с изменениями кровообращения (180). Влияние дыхания на мышечную работу (181). Изменения дыхания при умственной работе (181).	
XI.	Пищеварение у детей . . . . .	182
1.	Возрастные особенности пищеварения у детей: . . . . .	—
	Изменения органов пищеварения (182). Особенности пищеварения в ротовой полости (183). Особенности пищеварения в желудке и кишечнике (185). Особенности двигательной работы пищеварительного канала (186).	
2.	Изменения пищеварения при мышечной работе . . . . .	186
XII.	Обмен веществ и энергии и питание детей . . . . .	189



1. Возрастные особенности обмена веществ . . . . .	188
Обмен веществ у детей (188). Азотистый обмен у детей (188). Потребность в белках у детей (189). Жировой обмен у детей (189). Углеводный обмен у детей (190). Минеральный обмен у детей (190). Водный обмен у детей (192). Потребность детей в витаминах (192).	
2. Основной и общий обмен веществ и энергии у детей . . .	195
Основной обмен (195). Общий обмен (196). Терморегуляция у детей (198).	
3. Нормы и режим питания детей различных возрастов . .	199
4. Регуляция обмена веществ и теплообразования и ее возрастные особенности . . . . .	200
Трофическая функция нервной системы (200). Регуляция обмена веществ (202).	
XIII. Возрастные особенности функций кожи . . . . .	204
Функции кожи (204). Особенности потоотделения у детей (205). Функции сальных желез у детей (206). Защитные свойства кожи (206). Самостерилизация кожи (207). Роль кожи в терморегуляции у детей (207).	
XIV. Возрастные особенности выделительных процессов . . . . .	209
Развитие почек (209). Количество и состав мочи у детей (209). Мочеиспускание у детей (210). Изменения мочеотделения при мышечной работе (210).	
XV. Возрастные изменения функций желез внутренней секреции	212
Влияние желез внутренней секреции на формирование организма (212). Эпифиз (212). Вилочковая железа (212). Половые железы (213). Надпочечники (214). Щитовидная железа (215). Околощитовидные железы (216). Гипофиз (217). Роль взаимной связи деятельности нервной системы и желез внутренней секреции в развитии и осуществлении всех функций организма (218).	
XVI. Закаливание солнцем, воздухом и водой . . . . .	219
Естественные факторы закаливания и их физиологическое обоснование (219). Правила пользования естественными факторами закаливания (220).	
XVII. Физиологическое обоснование рациональной организации труда и отдыха школьников . . . . .	221
Нервные механизмы рационального осуществления двигательных навыков (221). Возрастные особенности образования двигательных навыков (229). Основные правила рациональной организации труда детей (222). Основные правила рациональной организации физических упражнений детей (223).	
XVIII. Основные анатомо-физиологические особенности детей дошкольного и школьного возрастов (по возрастным периодам)	
Дошкольный возраст . . . . .	226
Рост и развитие скелета (226). Рост и развитие нервной системы и органов чувств (227). Развитие двигательного аппарата (227). Изменения крови и системы кровообращения (228). Развитие дыхательной системы (229). Развитие пищеварительной системы (229).	



Особенности обмена веществ (230). Кожа (230). Мочеотделение (230). Внутренняя секреция (230).

Младший школьный возраст . . . . . 230

Рост и развитие скелета (230). Рост и развитие нервной системы и органов чувств (231). Развитие двигательного аппарата (231). Изменения крови и системы кровообращения (232). Развитие дыхательной системы (233). Развитие пищеварительной системы (233). Особенности обмена веществ (233). Кожа (233). Мочеотделение (234).

Средний школьный возраст . . . . . 235

Рост и развитие скелета (234). Рост и развитие нервной системы (234). Развитие двигательного аппарата (234). Изменения крови и системы кровообращения (235). Дыхательная система (235). Пищеварительная система (235). Обмен веществ и энергии (235). Мочеотделение (236). Внутренняя секреция (236).

Старший школьный возраст . . . . . 236

Скелет (236). Нервная система (236). Двигательный аппарат (236). Кровь. Система кровообращения (236). Дыхательная система (237). Внутренняя секреция (237).



**Семен Ильич Гальперин**  
**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ**  
**ДЕТЕЙ**

Редакторы *Н. Т. Рыбакова, А. М. Приданцева.*  
Художественный редактор *Н. А. Володина*  
Технический редактор *Н. Н. Махова*  
Корректор *А. А. Рукосуева*

\* \* \*

Сдано в набор 24/VIII 1964 г. Подписано  
к печати 24/XII 1964 г. 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Печ. л. 15,25. Уч.-изд. л. 14,98.  
Тираж 15 000 экз. (Тем. пл. 1965 г. № 42). А 11663.  
Заказ № 5588.

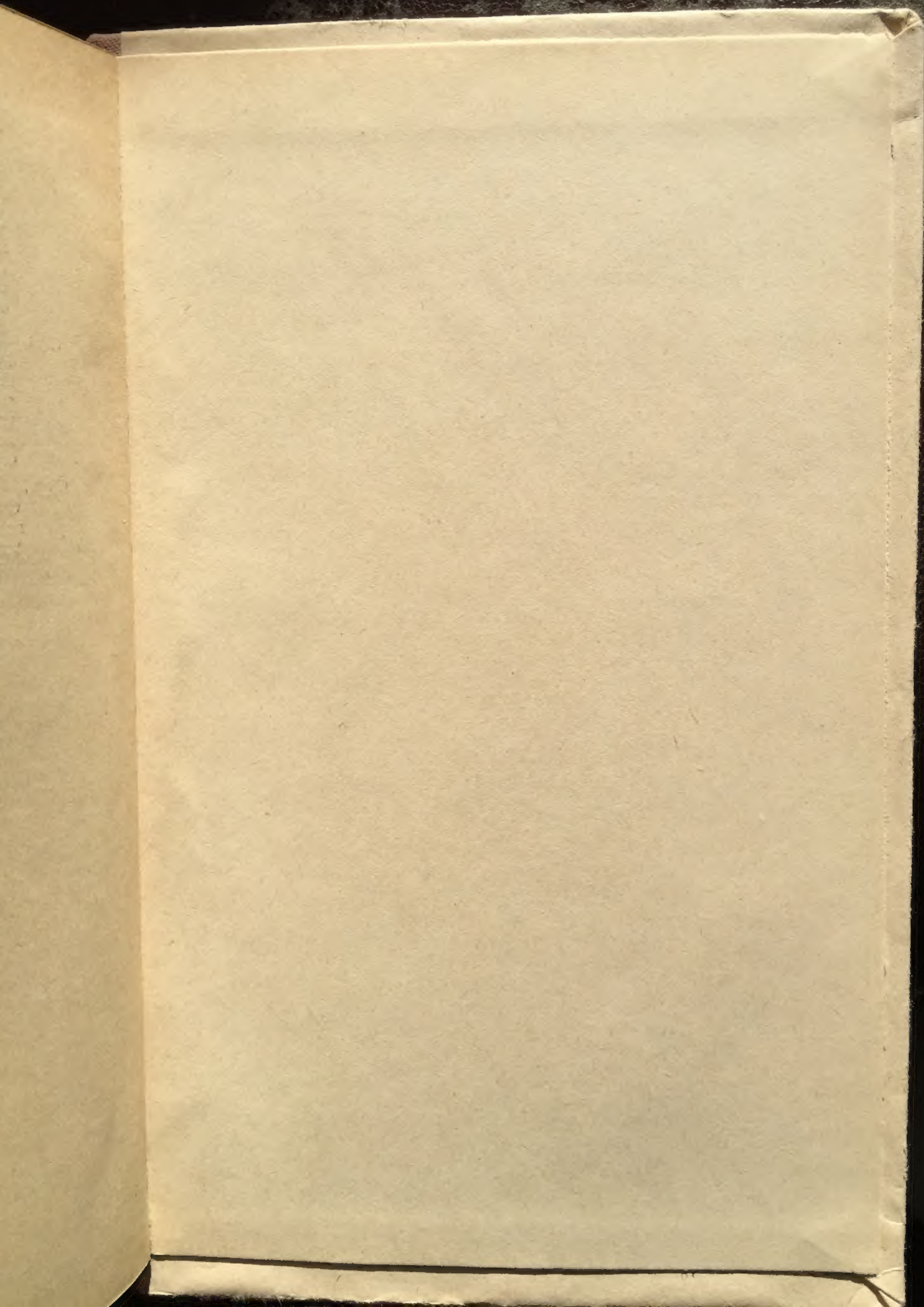
\* \* \*

Издательство «Просвещение» Государственного  
комитета Совета Министров РСФСР по печати.  
Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Типография им. Смирнова Смоленского  
облуправления по печати, г. Смоленск,  
просп. им. Ю. Гагарина, 2.

Цена без переплета 45 к., переплет 10 к.







55 коп.



